



Centro de Investigación
de Recursos y Consumos
Energéticos

"POP en ingeniería eléctrica y energética"

MÁSTER UNIVERSITARIO EN:

ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Curso Académico 2009-2010

Trabajo final de Máster:

Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Director:

Alicia Valero Delgado

Autor:

Pau Galiana Marin

PONENTE:

Antonio Valero Capilla

Septiembre de 2010



Escuela Universitaria
de Ingeniería Técnica
Industrial de Zaragoza



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a Antonio Valero y Alicia Valero sus enseñanzas que me han dado una visión del mundo más amplia, la oportunidad de realizar este trabajo, y en especial la paciencia demostrada.

Al Ayuntamiento de Zaragoza por su colaboración en mi búsqueda de información, en especial a los servicios de: Medio Ambiente y Sostenibilidad, Movilidad Urbana, Alumbrado Público, Información Geográfica, Gestión Tributaria y Ciclo Integral del Agua.

A la gente de CIRCE que me ha ayudado facilitándome medios o información, Javier Uche, Alfonso Aranda, Ignacio Zabalza, Germán Ferreira,...

Pero sobre todo, a mi familia, que me ha apoyado siempre: Pau, Pili, Gerard, Xavi, Guiomar, mis abuelos, mis tíos, mis primos,...





A los míos, por los que están, por los que se fueron





RESUMEN

El objetivo principal del trabajo ha sido evaluar los costes energéticos del transporte en la ciudad de Zaragoza.

Se ha buscado información sobre: los tipos de desplazamientos, los medios de transporte utilizados, los tipos de vías y su superficie, el número y tipo de estacionamientos, la señalización del tráfico, el alumbrado público de las vías,...

Se han estudiado las fases de fabricación, construcción, operación y mantenimiento de los vehículos y de las infraestructuras.

Tras cuantificar los costes energéticos y parte de las repercusiones ambientales del transporte, se ha analizado la situación del sector.

Se ha podido comprobar que Zaragoza ha sufrido grandes cambios desde 1998 debido a una pronunciada expansión urbanística, acompañada de importantes infraestructuras viales y ferroviarias. Esto ha representado un aumento de los costes energéticos y del impacto ambiental de la ciudad. Por ejemplo, la energía actual necesaria para la tracción de vehículos es de 95162 tep/año, incrementándose un 50% respecto a 1998. En el mismo periodo, las emisiones de CO₂ debidas al transporte en Zaragoza han aumentado un 173%. Éstas son algunas cifras representativas de lo que ha supuesto la modernización de la ciudad.

Para hacer frente a este modelo insostenible, la ciudad debe impulsar profundos cambios en el sistema de transporte. Algunos de estos cambios, como potenciar el uso de la bicicleta, mejorar los transportes colectivos o construir una línea de tranvía, ya están siendo ejecutados por el Ayuntamiento.





Índice

1	Introducción	9
1.1	Objeto del Trabajo final del Máster	10
1.2	Alcance del TFM	11
1.3	Metodología del TFM	11
2	El transporte en la ciudad de Zaragoza	12
3	Evaluación de los vehículos	16
3.1	Cuantificación de los vehículos	14
3.2	Costes energéticos del ciclo de vida de los turismos	16
3.3	Energía utilizada en la tracción de los vehículos	17
3.4	Conclusiones de la evaluación de los vehículos	19
4	Cuantificación de las infraestructuras relacionadas con el transporte	21
4.2	Firmes tipo y superficie viaria	21
4.3	Estacionamientos	22
4.4	Señalización	23
4.5	Iluminación	25
4.6	Mantenimiento	26
4.7	Conclusiones de la evaluación de las infraestructuras	26
5	Repercusiones ambientales	27
6	Análisis del transporte y la ciudad en la actualidad	28
6.2	Resumen de la evaluación energética del transporte	28
6.3	Comparativa de la cuantificación entre 1998 y 2010	30
6.4	Ánalisis de la situación actual	33
7	Conclusiones	34
8	Bibliografía	37
Anejo 1: Flujos del transporte		39
1	Introducción	41
2	Desplazamientos semanales	42
3	Reparto modal	44



4	Tiempos de desplazamientos	48
5	Velocidad de los desplazamientos	50
Anejo 2: Cálculos relativos a los vehículos		53
1	Introducción	55
2	Ánálisis del padrón de los vehículos	56
3	Costes energéticos del ciclo de vida de los turismos	69
4	Energía utilizada en la tracción de los vehículos	73
Anejo 3: Cálculos relativos a las infraestructuras		77
1	Introducción	79
2	Firmes tipo y superficie viaria	81
2.1	Estacionamientos	91
2.2	Señalización	94
2.3	Iluminación	94
Anejo 4: Cálculos de emisiones de contaminantes		97
1	Introducción	99
2	Cuantificación de las emisiones de los turismos	99
3	Cuantificación de las emisiones del uso de los vehículos	100
4	Ahorro de emisiones debidas a la instalación del tranvía en Zaragoza	101
5	Cuantificación de las infraestructuras	102
6	Contaminación acústica	104
Anejo 5: Callejeros de la ciudad de 1997 y 2006		107
1	Plano del callejero de la ciudad de Zaragoza de 1997	109
2	Plano del callejero de la ciudad de Zaragoza de 2006	110



1 Introducción

La transformación que ha sufrido la ciudad de Zaragoza en la última década ha sido probablemente la mayor experimentada en toda su historia. En el periodo entre el 1993 y 2008, la población ha crecido en un 13,5%, impulsado en gran medida por el aumento de la inmigración y el mayor índice de natalidad. Al mismo tiempo, la superficie de la ciudad se ha visto incrementada notablemente. Se han construido barrios completamente nuevos, como el de Parque Goya, Valdespartera, Rosales del Canal, Pinares de Venecia o Arcosur. Otros han visto ampliada su extensión considerablemente, como es el caso del barrio de Miralbueno, Valdefierro, Santa Isabel o la Cartuja. El hito importante que constituyó la exposición Internacional (EXPO 2008), impulsó la creación de grandes infraestructuras y la remodelación de la ciudad. Se creó el recinto de Ranillas, la nueva estación intermodal de Delicias, se construyeron 3 nuevos puentes sobre el Ebro, comenzó a funcionar la red de cercanías y se acordó la construcción del tranvía, entre otras muchas actuaciones. Todo esto ha convertido a Zaragoza en una ciudad más moderna, joven, intercultural, dinámica y con mayor visibilidad internacional.

Pero todo tiene un precio. Zaragoza ha presumido siempre de ser una ciudad compacta, donde todos sus servicios (escuelas, hospitales, comercios, etc.) podían alcanzarse a pie. Los indicadores ambientales que realiza periódicamente la Agencia de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Zaragoza dentro de la Agenda 21 Local, ponen de manifiesto que Zaragoza es una de las ciudades con mejores índices de intensidad energética de España y Europa. Sin embargo las transformaciones sufridas recientemente en la ciudad pueden estar variando dichos ratios. El modelo de ciudad está evolucionando hacia una ciudad dispersa y el resultado es un aumento considerable del consumo energético y emisiones de CO₂ asociadas al crecimiento del transporte.

El transporte constituye hoy en día el mayor peso en el consumo de energía final en España, con un 37,9% del total en el año 2008 como se puede apreciar en la figura 1.1. El “Plan de Activación del Ahorro y Eficiencia Energética, 2008-2011”, dedica 16 de las 31 medidas al citado sector, lo que indica la importancia del transporte energéticamente y del posible potencial de mejora que existe.

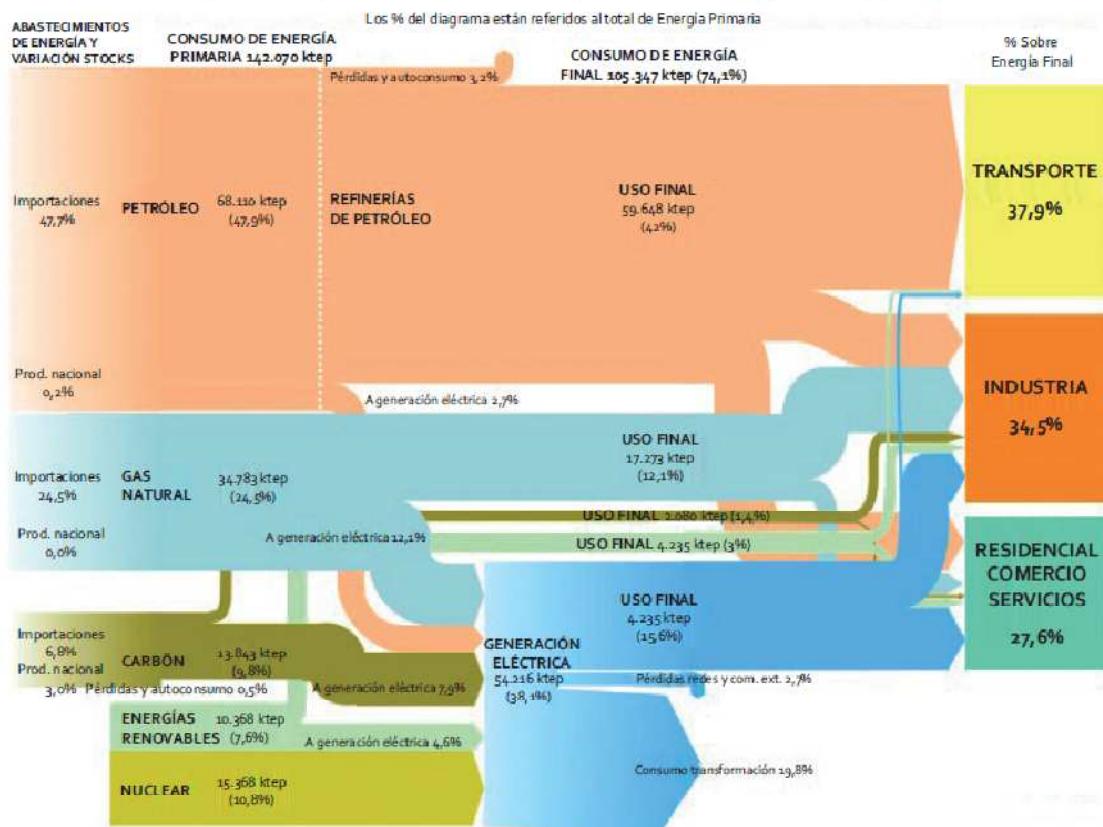


Figura 1.1: Diagrama de la energía primaria en España en 2008 (Fuente: "La Energía en España 2008" MITYC (2008))

En este estudio se va a evaluar el grado de transformación en el consumo de energía asociada justamente al sector del transporte en la ciudad de Zaragoza. Para ello tomaremos como referencia el año 1998, año en el que se realizó un estudio similar. En el citado estudio, Moreno (1998), analizó el consumo energético debido a las infraestructuras, uso y mantenimiento para el transporte en el núcleo urbano de la ciudad. En el presente trabajo se incorporan los nuevos barrios y las nuevas infraestructuras creadas en este tiempo y se comparan con el año de referencia, con el fin de determinar cuál ha sido el coste energético de la modernización de Zaragoza.

1.1 – Objeto del Trabajo final del Máster

El objetivo principal del trabajo ha sido realizar un estudio que identifique y cuantifique los costes energéticos directos e indirectos del transporte en la ciudad de Zaragoza en la actualidad. Una vez alcanzado este objetivo se ha analizado la evolución de la última década del modelo de transporte asociado al crecimiento de la propia ciudad con el fin de evaluar la sostenibilidad del modelo actual y su tendencia futura.



1.2 – Alcance del TFM

El alcance se ha limitado al transporte interno del Término Municipal de Zaragoza, por lo que se han excluido del análisis los flujos con origen o destino fuera del ámbito de la ciudad. Como consecuencia no se cuantifican medios como el tren y el avión, y otras grandes infraestructuras del transporte que tienen un importante impacto energético o ambiental.

1.3 – Metodología del TFM

El presente trabajo ha utilizado estudios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), por lo que no sólo se han tenido en cuenta los costes energéticos directos de los diferentes medios de transporte, sino que también se han cuantificado los costes de la construcción de los vehículos y de las infraestructuras necesarias para su circulación, valorando los materiales de construcción, el proceso de construcción, la fase de explotación o utilización, y la fase final que termina en vertedero y/o en reciclaje.

La metodología seguida para lograr los objetivos ha sido:

- Fase 1: búsqueda de información sobre las infraestructuras, los vehículos y el tipo de movilidad en el transporte en la ciudad de Zaragoza.
- Fase 2: filtrado de la información e identificación de los elementos que influyen en los costes energéticos.
- Fase 3: cuantificación de los costes energéticos.
- Fase 4: análisis de los resultados del punto anterior y valoración del modelo actual del transporte y su evolución en los últimos años.
- Fase 5: conclusiones.



2 – El transporte en la ciudad de Zaragoza

El término municipal de Zaragoza tiene una extensión de 968,68km², consta de 14 distritos urbanos que componen la ciudad y de 1 distrito rural subdividido en 14 núcleos de población.

Del total de 682283 habitantes empadronados en 2008, más del 95% se concentran en los 240km² que forman la ciudad, como se puede apreciar en la tabla 2.1 que contabiliza la población por distritos urbanos en la columna izquierda y por núcleos rurales en la columna de la derecha.

Tabla 2.1: Distribución de población en el término municipal de Zaragoza (Fuente: web
[http://www.zaragoza.es/ciudad/estadistica/\(Julio 2010\)](http://www.zaragoza.es/ciudad/estadistica/(Julio 2010)))

Distrito	Hombres	Mujeres	Total	Distrito	Hombres	Mujeres	Total
Casco Histórico	22462	23590	46052	La Cartuja	1122	1070	2192
Centro	25790	31213	57003	Torrecilla de Valmadril	14	14	28
Delicias	55976	59470	115446	Juslibol-El Zorongo	1237	1134	2371
Universidad	24641	28273	52914	San Juan de Mozarrifar	1153	1110	2263
Casablanca	9217	9331	18548	Montañana	1635	1637	3272
San José	33700	36374	70074	San Gregorio	279	287	566
Las Fuentes	22314	22787	45101	Peñaflor	535	526	1061
La Almozara	12680	13304	25984	Movera	1548	1502	3050
Miralbueno	4308	4279	8587	Garrapinillos	2511	2392	4903
Oliver- Valdefierro	14610	14420	29030	Venta del Olivar	435	541	976
Torrero - La Paz	18009	18656	36665	Monzalbarba	902	904	1806
Actur- Rey Fernando	29376	29316	58692	Villarrapa	66	69	135
El Rabal	36213	37937	76150	Alfocea	94	75	169
Santa Isabel	5920	5913	11833	Casetas	3852	3560	7412
Total	317216	334863	652079	Total	15383	14821	30204

Los datos más recientes sobre los flujos del transporte en Zaragoza son de 2007, cuando se produjeron de media semanalmente 14.634.088 desplazamientos según se recoge en la “Encuesta de Movilidad Cotidiana del Área de Zaragoza 2007” (Ayto. Zaragoza, 2008). El método preferido de desplazamiento por los ciudadanos fue a pie como se ve en la figura 2.1. El segundo medio más utilizado fue el transporte privado ya sea en coche, taxi o en moto. El transporte público de Zaragoza que se componía exclusivamente de servicio de autobuses fue el tercer sistema más utilizado. Ya en menor grado se utilizaron transportes de empresa, la bicicleta u otros sistemas menos significativos.

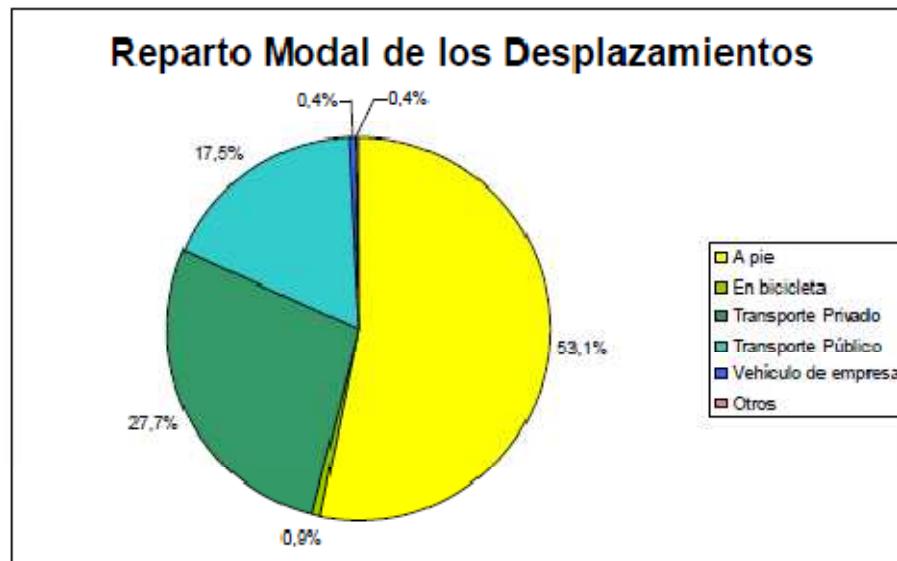


Figura 2.1: Reparto modal de desplazamientos (Fuente: Ayto. Zaragoza, 2008)

Aunque no esté dentro del alcance del trabajo, cabe mencionar que Zaragoza dispone actualmente de una línea de Cercanías de Renfe inaugurada en 2008, y actualmente se está construyendo un servicio de tranvía o metro-ligero.

En el Anexo I se ha ampliado la información sobre los flujos del transporte y sus características.



3 – Evaluación de los vehículos

En este capítulo se ha resumido la cuantificación de los costes energéticos de los vehículos de Zaragoza desarrollado en el Anexo II. Los vehículos son fuente de dos tipos de consumo energético, por una parte el relativo a la combustión de combustible en el transporte, y por otro y no menos significativo, el relativo a la energía invertida en su fabricación. Ambos aspectos se consideran en este trabajo y se describen a continuación.

3.1- Cuantificación de los vehículos

El primer paso ha sido obtener el padrón de vehículos de la ciudad de Zaragoza del año 2010 y compararlo con los datos utilizados en el estudio de Moreno (1998). Los vehículos empadronados en la ciudad han pasado de 245349 a 331198, lo que representa un crecimiento del 35%, muy por encima del aumento de población que ha pasado de 600.892 habitantes en el año 1993 a 682.283 habitantes en 2008, lo que representa un aumento de población del 13,5%.

En el padrón constan los vehículos que pagan impuestos de circulación y que están agrupados en: turismos clasificados según su potencia fiscal, por autobús según el número de plazas, en camiones clasificados en función de la carga útil, en tractores según la potencia fiscal, en remolques según su carga útil, y en ciclomotores y motocicletas según su cilindrada.

Si pasamos a analizar los datos según la tipología de vehículos (ver tabla A.2.2 del Anexo II), podemos comprobar que el grupo con mayor peso sigue siendo el de los turismos con un 73,9% del total de vehículos registrados. Otro dato a destacar de este grupo es que se ha producido un incremento de la cilindrada media de los turismos siendo la categoría de 12 a 15,99 caballos fiscales la categoría predominante actualmente (ver figura 3.1). Somos capaces de construir vehículos de idénticas características pero con menores recursos que en el pasado, pero terminamos consumiendo lo mismo o incluso más al aumentar las prestaciones. A este fenómeno se le denomina “Paradoja de Jebboms”.

En realidad la clasificación del padrón si no se complementa con otros datos nos dice bien poco sobre las características de los vehículos. En especial no se indica el tipo de combustible, el consumo de éste, las emisiones,... Esto es debido a que la clasificación se rige sobre la cilindrada o la capacidad de carga pero no por las características del motor.

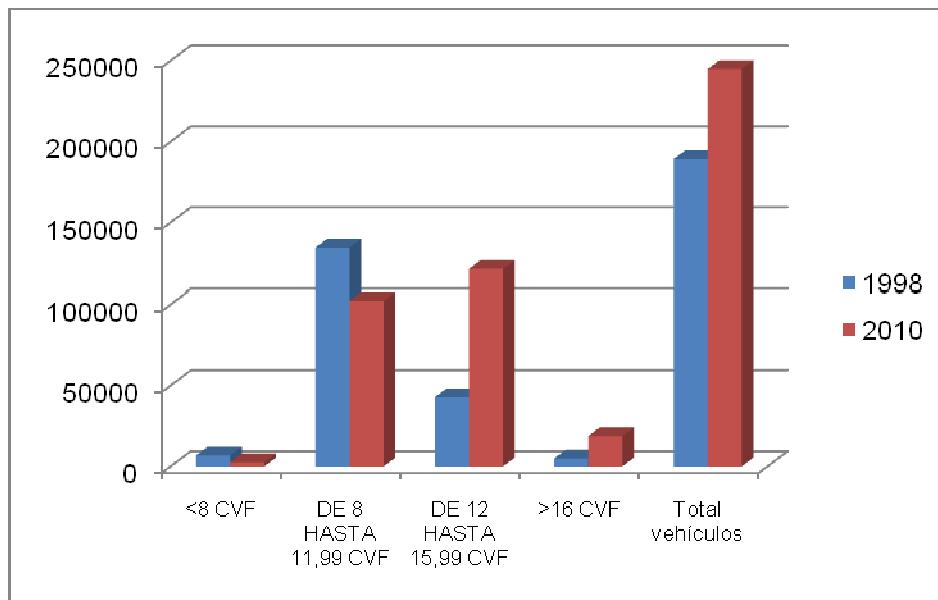


Figura 3.1: Evolución de la CVF de los vehículos de Zaragoza (Fuente: elaboración propia)

Para suplir esta falta de información se ha realizado un estudio sobre el parque de turismos en España para poder obtener el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ de un turismo tipo de Zaragoza.

Con este fin se ha generado una base de datos con hasta 1004 motorizaciones distintas de las marcas recogidas en la tabla A.2.3. del Anexo II que indica las matriculaciones de turismos en 2008 y 2009 en España. A continuación se han filtrado los datos según la clasificación del padrón de Zaragoza, haciendo distinción en función del tipo de combustible y del peso del fabricante en el mercado español. Finalmente teniendo en consideración que según ACEA¹ y ANFAC² la tasa de turismos que utilizaban gasolina en España en 2008 era del 51,2% y del 48,8% para los que utilizaban gasoil, los resultados del estudio indican que un vehículo tipo de Zaragoza tiene un consumo de energía de 225,29 MJ cada 100km, y que emite 159,68 g/km de CO₂. Estos datos son necesarios para los cálculos detallados de los Anexos II y IV sobre cuantificación energética y emisiones de CO₂ por parte de los vehículos. En la figura 3.2 se representa el consumo según los grupos del padrón.

¹ACEA (Association des Constructeurs Européennes d'Automobiles)

²ANFAC (Asociación española de fabricantes de automóviles y camiones)

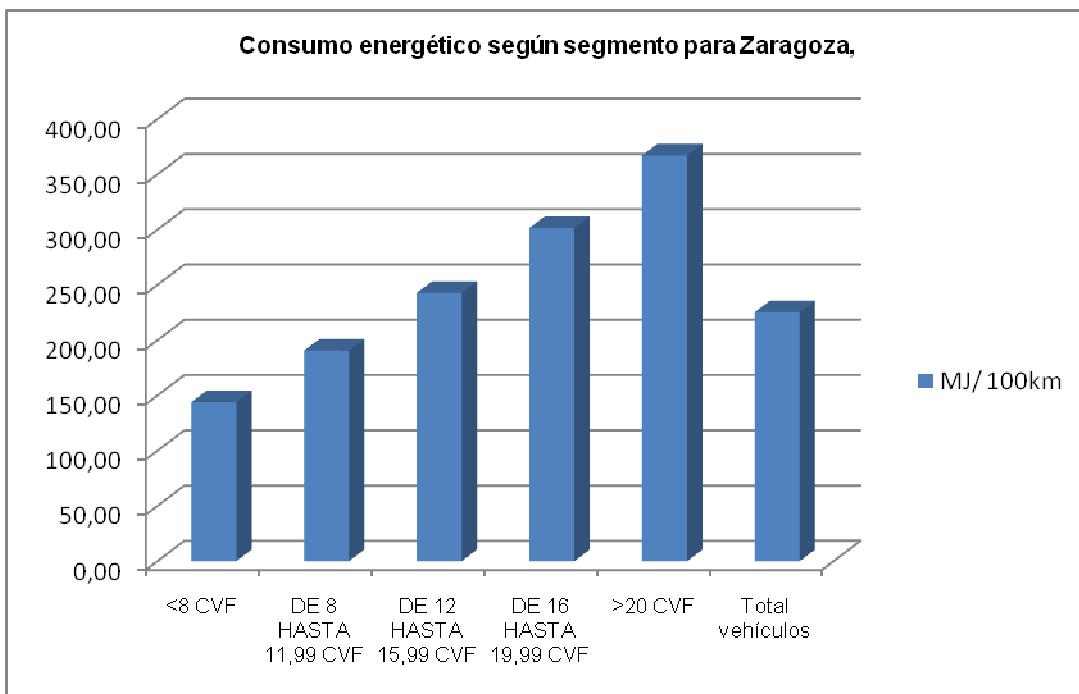


Figura 3.2: Consumo energético por vehículo tipo según CVF – Caballos de vapor fiscales (Fuente: Elaboración propia)

3.2- Costes energéticos del ciclo de vida de los turismos

Tras analizar el padrón, se ha procedido a cuantificar los costes energéticos del ACV excluyendo la fase de utilización que se analizará más tarde. El estudio se ha centrado sobre los turismos ya que es el grupo predominante en el padrón.

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica de la que se han extraído tres estudios relevantes, (Estevan y Sanz 1994), (Zamel, y Li, 2006), y (Hakamada et al. 2007), europeo, norteamericano y japonés respectivamente.

Con los resultados de los tres estudios se han cruzado los datos como se describe en el Anexo II y se ha obtenido que el coste energético medio resultante de un turismo sin incluir el uso y que aúna desde los costes energéticos de los materiales de fabricación, el proceso de fabricación, la distribución del vehículo y el posterior reciclaje, es de 2,115 tep por vehículo. Una vez obtenido el coste medio de fabricación de un turismo, se ha multiplicado por los turismos registrados en Zaragoza. La estimación obtenida es que la energía embutida en los turismos empadronados en la ciudad de Zaragoza es de 517844,04 tep a lo largo de su vida útil si descontamos el uso. La edad media de un turismo se sitúa en 8,2 años (ACEA, ANFAC, 2010) para la UE, por lo que esa cifra aproximada se consume cíclicamente cada 16,4 años si mantenemos el mismo número de coches.

3.3 - Energía utilizada en la tracción de los vehículos

En este apartado se ha valorado la energía consumida por los vehículos de Zaragoza, partiendo de los datos de la Encuesta de Movilidad de Zaragoza (Ayto. Zaragoza, 2008) que nos da los flujos del año 2007. Para la obtención de los resultados se han necesitado los siguientes datos obtenidos en el Anexo I y II:

- Número de viajes por tipo de día y medio de transporte.
- Duración media del viaje por medio de transporte en min.
- Velocidad media del tráfico por tipo de transporte.
- Energía de tracción por medio de transporte por ud. de energía por km.

Con los datos mencionados anteriormente se ha realizado el cálculo del consumo diario para los distintos tipos de vehículos en función del tipo de día, distinguiendo entre día laborable de lunes a viernes, y día de fin de semana. En la figura 3.3, se pueden ver los desplazamientos según el tipo de vehículo. En la figura 3.4 se ve el consumo acumulado para un día según el tipo de vehículo.

Queda patente que el consumo energético generado por los desplazamientos en coche son los más elevados si se contabilizan en función del número de desplazamientos e incluso en valor absoluto.

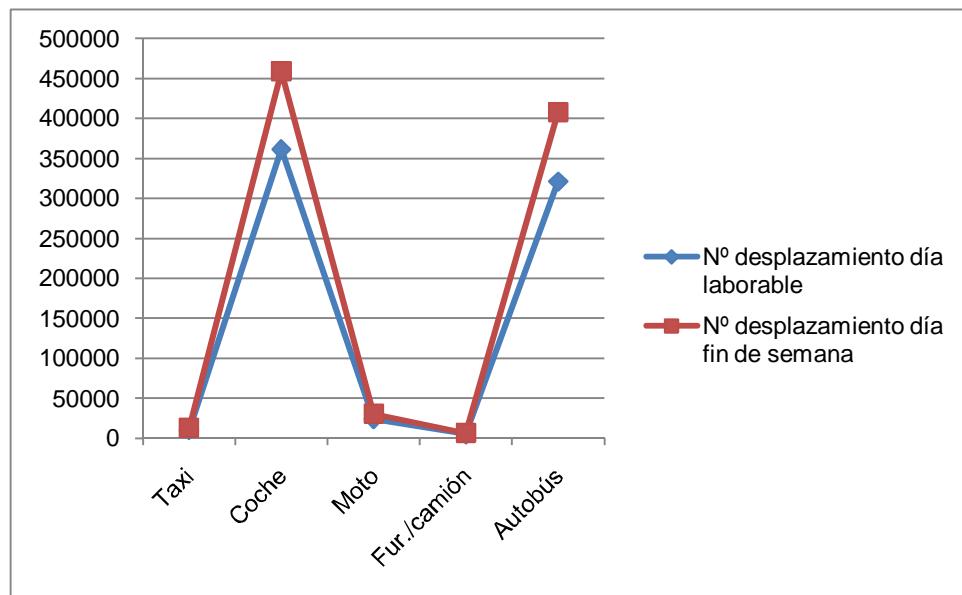


Figura 3.3: Comparación de desplazamientos según tipo de vehículo y día (Fuente: Elaboración propia)

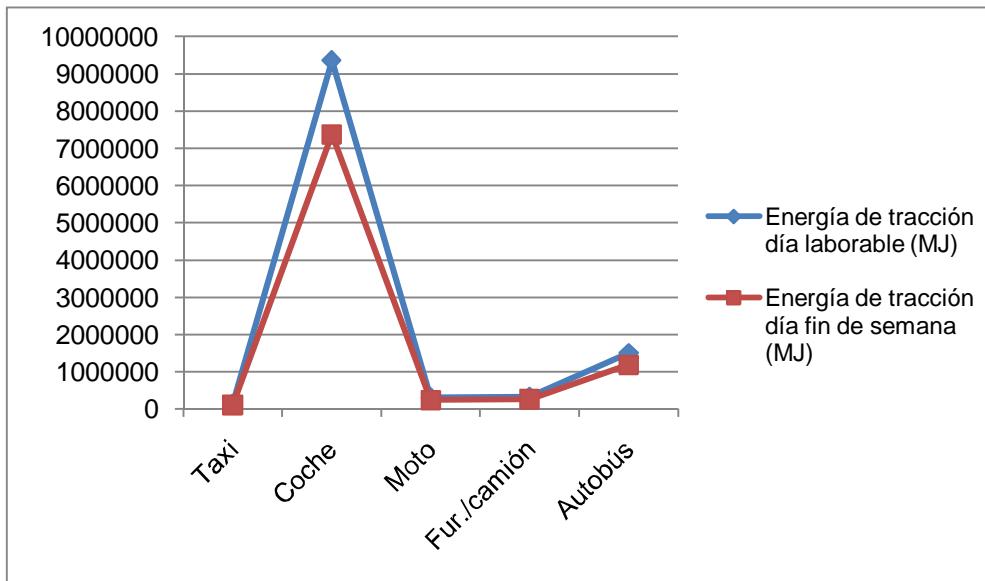


Figura 3.4: Comparación consumo energético en MJ según tipo de vehículo y día (Fuente: Elaboración propia)

Tras realizar los cálculos diarios de los distintos vehículos, se ha podido realizar el cálculo en distintas escalas temporales. Como se refleja en la figura 3.5, el consumo total debido a la energía de tracción de los vehículos de Zaragoza es de 95162 tep anuales. El consumo debido al uso del coche es de 77555 tep, muy por encima del segundo mayor consumo que es el de los autobuses que es de 12303 tep anuales.

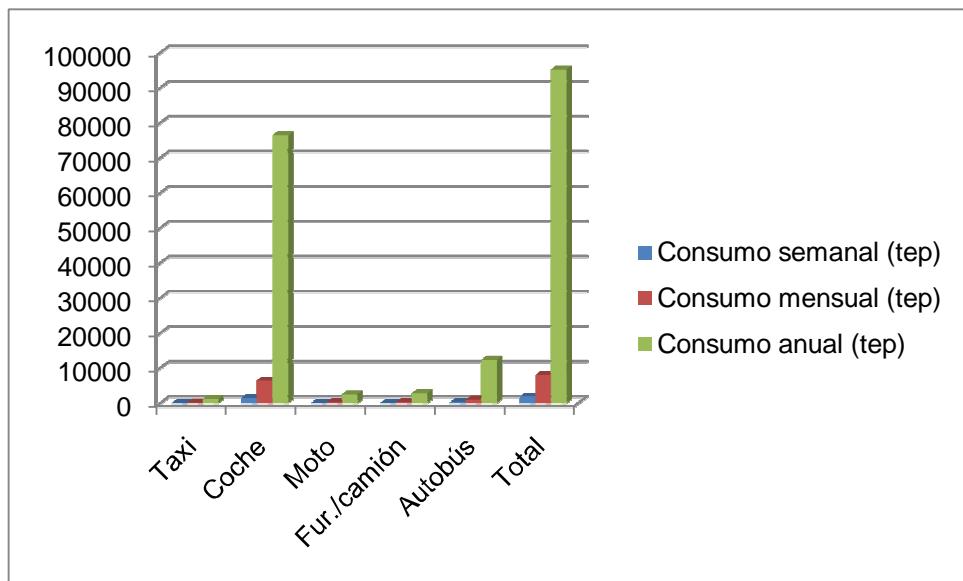


Figura 3.5: Comparación consumo energético anual en tep según tipo de vehículo (Fuente: Elaboración propia)

3.4 - Conclusiones de la evaluación de los vehículos

De los resultados anteriores se observa que el orden de magnitud entre la energía asociada al uso del vehículo y la correspondiente a la fabricación de los mismos es similar. La relación es de 71%-29%, respectivamente (ver Fig.3.6). Esto pone de manifiesto el elevado peso relativo de la componente de fabricación en los vehículos.

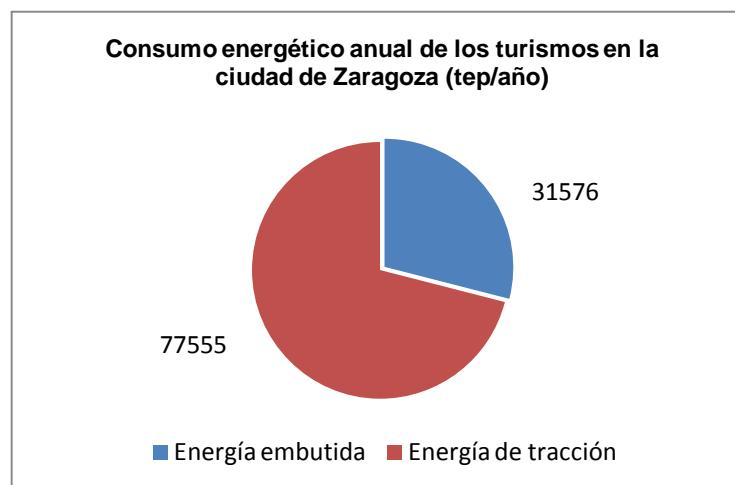


Figura 3.6: Comparación consumo energético anual en tep según tipo de vehículo (Fuente: Elaboración propia)

Han de transcurrir muchos años para que compense energéticamente cambiarse de turismo por otro más eficiente con menores consumos. En la figura 3.7 se ha estudiado de forma simplificada el posible cambio de vehículo por otro con un menor consumo de energía de tracción, considerando una mejora del 20%, del 40% y del 60%. Suponiendo la vida media útil de 16,4 años y los consumos energéticos considerados anteriormente para un turismo tipo del caso de Zaragoza, sin tener en cuenta que durante la vida del coche los consumos aumentan, en caso de reducir el consumo de combustible en un 60% se tarda más de 11 años en ahorrar una cantidad de energía similar al coste de fabricación. Por lo que no sale rentable energéticamente cambiarse el coche antes de los 11 años en el caso supuesto.

El transporte privado tiene un coste energético mucho más elevado en relación a los viajeros transportados que el transporte colectivo. En concreto el coche privado como método de transporte consume el 80,28% del total de energía de tracción, utilizándose en el 50% de los desplazamientos con vehículo a motor, mientras que el autobús que es utilizado en el 44,4% solo consume el 12,93% de energía de tracción.



Esto es debido en parte a que cada vez utilizamos coches más grandes, más potentes y que en consecuencia consumen más combustible a pesar de ser más eficientes energéticamente comparados con los vehículos de antaño.

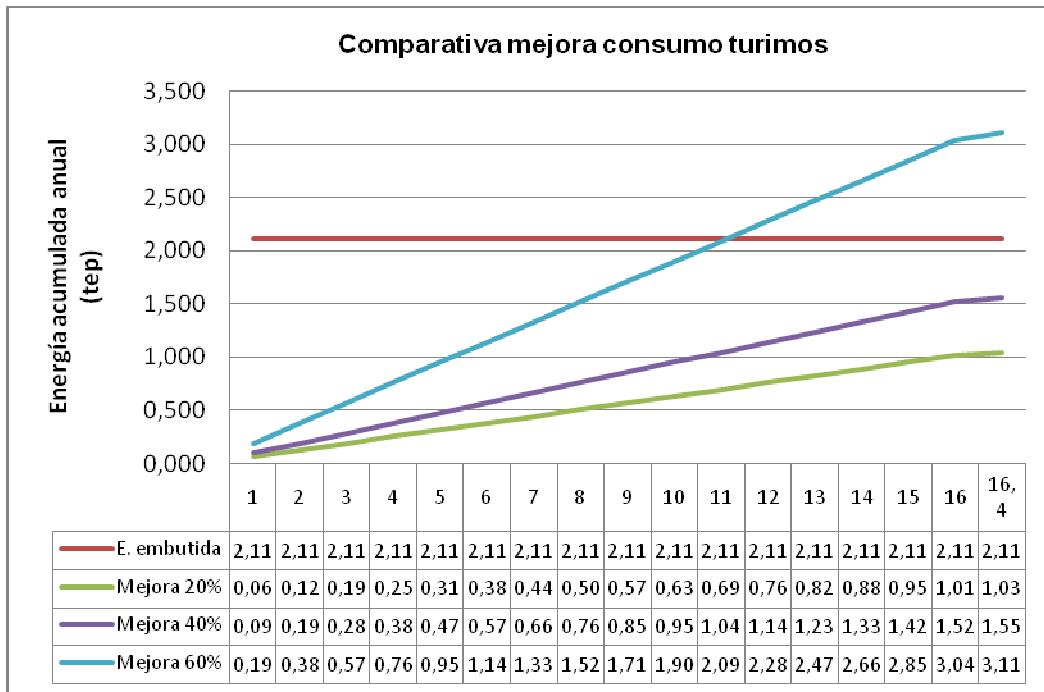


Figura 3.7: Comparativa renovación turismo en función de mejora en el consumo de combustible (Fuente: Elaboración propia)

Por otro lado es evidente que el transporte público no cubre las necesidades de todos los ciudadanos. En caso contrario no se preferiría en determinadas ocasiones el uso del coche frente al del autobús, pues económicamente siempre resulta ser más caro. Es necesario fomentar el uso del transporte público mejorando el servicio (frecuencia, tiempos de llegada, disponibilidad,...), de la bicicleta y el desplazamiento a pie, dificultando el transporte privado a motor.



4 – Cuantificación de las infraestructuras relacionadas con el transporte

En este capítulo se han cuantificado los materiales y la energía utilizada en la construcción, la operación y el mantenimiento de las infraestructuras asociadas a los medios de transporte explicados anteriormente. En el Anexo III se ha descrito detalladamente el cálculo y se ha ampliado la información.

4.1 – Firmes tipo y superficie viaria

La ciudad de Zaragoza dispone de una red vial de forma radial conformada por distintos cinturones y vías convergentes al centro de la ciudad. El propio ayuntamiento clasifica en 14 tipos de firme las vías en función del tráfico y de los materiales utilizados para su construcción.

A modo de simplificación de cálculo se han escogido los tres tipos más representativos como son el tipo E-5 (firme tipo medio bajo con base de grava-cemento), el tipo E-10 (firme tipo pesado) y el H-1 (pavimento de piedra natural), para poder catalogar las calles de la ciudad en uno de los tres grupos.

El término municipal de Zaragoza está subdividido en 83 polígonos. Se han realizado mediciones de las superficies viarias correspondientes utilizando planos en CAD del Ayuntamiento de Zaragoza. Cada vial ha sido asignando a uno de los tres grupos mencionados. En la tabla 4.1.1 se resumen los datos obtenidos.

Tabla 4.1.1: Resumen de las mediciones de los viales de Zaragoza (Fuente: elaboración propia mediante planos en CAD del Ayuntamiento de Zaragoza)

Polígonos medidos 100%	36
Polígonos medidos parcialmente	47
Total calles	2066
Calles medidas	1455
Calles tipo E-10	137
Calles tipo E-5	1243
Calles tipo H-1	75
Superficie total medida	12902834
Superficie E-10 total	8323966
Superficie E-10 (vías interurbanas)	2840655
Superficie E-10 (vías urbanas)	5483312
Superficie E-5	4530465
Superficie H-1	48403
Superficie total (estimada+medida)	16723169
Superficie E-10 total	8323966
Superficie E-5 total	8299170
Superficie H-1 total	100033



Una vez calculadas las superficies viarias correspondientes y los anchos medios de los viales y de las calzadas, se han podido calcular los volúmenes de los principales materiales utilizados en la construcción de las infraestructuras empleando las secciones tipo disponibles en la sección del Área de Infraestructuras de la Web del Ayuntamiento de Zaragoza³. Por otro lado se han cuantificado energéticamente los costes de fabricación y construcción de los viales utilizando los datos procedentes de (Zabalza, 2010) donde se cuantifica el coste energético para un firme tipo medio, asignando un valor de 552,1 MJ por m² de acera construido y de 11704,7 MJ por m² de calzada. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.1.2

Tabla 4.1.2: Tabla resumen de superficies y de coste energético (Fuente: elaboración propia)

Sup. total tipo pesado interurbano (m ²)	Sup. total tipo pesado urbano (m ²)	Sup. total tipo medio (m ²)	Sup. total tipo piedra (m ²)	Total superficie (m ²)
2840655	5483312	8299170	100033	16723169
Sup. acera tipo pesado interurbano (m ²)	Sup. acera tipo pesado urbano (m ²)	Sup. acera tipo medio (m ²)	Sup. acera tipo piedra (m ²)	Total acera (m ²)
1212611	2551200	3524148	61592	7349552
Sup. calzada tipo pesado interurbano (m ²)	Sup. calzada tipo pesado urbano (m ²)	Sup. calzada tipo medio (m ²)	Sup. calzada tipo piedra (m ²)	Total calzada (m ²)
1628043	2932112	4775021	38440	9373617
Coste energético viales interurbanos (tep)	Coste energético aceras (tep)	Coste energético tipo medio (tep)	Coste energético tipo piedra (tep)	Coste energético total (tep)
468233	847255	1372969	11412	2699869

4.2 Estacionamientos

En Zaragoza se dispone de un número de estacionamientos para dar cabida a los distintos vehículos.

En la tabla 4.2.1., se recogen los datos de 2004 que han sido facilitados por el Servicio de Movilidad Urbana del propio Ayuntamiento.

En la actualidad estos datos se encuentran desfasados debido a la gran expansión urbanística de los últimos años que no queda recogida con los datos de 2004. Se ha podido complementar parcialmente la información con datos referentes a las viviendas bioclimáticas construidas entre los años 2005 y 2008, para estas se ha considerado un ratio de 1 plaza por vivienda construida.

³ http://www.zaragoza.es/ciudad/grandesproyectos/modelario_planos.htm



Tabla 4.2.1: Estacionamientos del Municipio de Zaragoza (Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Movilidad Urbana y del Servicio de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Zaragoza)

	Datos totales a 2004	Parciales 2005-08	Total
	Nº de garajes	Nº de plazas	Nº de plazas
En estacionamiento público de pago (privados o de concesión municipal)	31	18475	18475
En estacionamiento privados (de residentes)	5551	170938	10759
Plazas reguladas de rotación ESRO (zona azul)		4128	
Plazas reguladas de residentes ESRE (zona naranja)		2756	
Plazas autorizadas y libres en vía pública		57708	
			264764

La ciudad también dispone del servicio biZi de alquiler público de bicicletas, que cuenta con 100 estaciones de bicicletas. Por otro lado existe un total de 344 zonas de aparcamiento de bicicletas privadas con una capacidad que ronda las 5000 unidades.

En cuanto a la cuantificación energética, únicamente se han valorado los estacionamientos privados resumidos en la tabla 4.2.2, pues se carece de las características de los estacionamientos públicos. En el Anexo III se describe el proceso de cálculo.

Tabla 4.2.2: Cálculo coste energético estacionamientos privados (Fuente: elaboración propia)

Nº de plazas	181697
Superficie plaza (m ²)	12,5
Superficie total plazas (m ²)	2271212,5
Altura tipo parking (m)	3
Energía materiales (tep)	305410,49
Energía construcción (tep)	990,12
Energía operación (tep)	5702,44
Total energía (tep)	312103,05

4.3 – Señalización

La señalización del tránsito compuesta por semáforos, señales verticales y horizontales, tienen un coste energético asociado a su ciclo de vida, pero además su disposición y capacidad de regular el tráfico pueden mejorar o empeorar los consumos energéticos de los vehículos que circulan por las vías de Zaragoza.

En algunas zonas de Zaragoza, parece que el exceso o la configuración de los semáforos, entorpecen la fluidez del tráfico, provocando consecutivos marcha paro,

que elevan los consumos y en especial las emisiones de contaminantes de los vehículos. En la figura 4.3.1, se puede apreciar dos vistas de una rotonda de la ciudad que incluye semáforos en la entrada, dentro y a la salida de ésta, inutilizando la función original de la rotonda.



Figura 4.3.1: Vistas de la rotonda que conecta C/Luciano Gracia con Juslibol (Fuente: elaboración propia, Zaragoza Septiembre 2010)

Está previsto⁴ por parte del Ayuntamiento mejorar la sincronización de los semáforos invirtiendo 1,9M€ en sistemas de telecomunicación y telecontrol para la regulación del tráfico.

Por el momento Zaragoza dispone de 8500 semáforos. Hay que mencionar que se están reduciendo los costes energéticos de explotación pues se está sustituyendo la tecnología de lámparas de incandescencia que tienen un consumo medio de 70W por semáforo, a LED's que tienen un consumo medio de 11W por semáforo. Se considera que ese consumo es constante pues siempre existen luces encendidas. En la tabla 4.3.1 se ve el consumo anual de los semáforos de la ciudad.

Tabla 4.3.1: Cálculo consumo energético señalización vertical (Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Movilidad Urbana del Ay. De Zaragoza)

Tipo de Semáforo	Nº semáforos	Consumo 1ud.(W)	Potencia instalada (W)	Consumo anual (GWh)
LED	7000	11	77000	0,68
Incandescencia	1500	70	105000	0,92
Total	8500		182000	15,94

⁴ Noticia del 3/09/2010, Heraldo.es, página Web:
http://www.heraldo.es/noticias/zaragoza/la_sincronizacion_todos_los_semaforos_ciudad_cambiaran_menos_anio.html



4.4 – Iluminación

La iluminación en las ciudades tiene en teoría la función de permitir los desplazamientos de peatones y vehículos en ausencia de luz natural, también produce una sensación de seguridad. Sin embargo, se ha observado que en la práctica muchos espacios (vías, plazas, monumentos,...) disponen de una iluminación excesiva. En la figura 4.4.1 podemos ver un vial de Zaragoza donde se aprecian dos largas y densas hileras de farolas destinadas a iluminar la calzada. Aquí nos planteamos si es necesaria tal cantidad de puntos de luz para alumbrar una vía donde los vehículos que circulan tienen obligación de disponer de alumbrado propio.



Figura 4.4.1: Vista vial sin nombre en la zona de Parque Goya II (Fuente: elaboración propia, Zaragoza Septiembre 2010)

Existen 66000 puntos de luz que alumbran los diferentes viales de Zaragoza. En media, el consumo por punto de luz es de 180W por 4000 h/año de funcionamiento. Con estos datos se ha obtenido la tabla 4.4.1 donde además se pone de manifiesto el importante aumento en consumo energético de los últimos 4 años debido al aumento de infraestructuras viales.

Tabla 4.4.1: Cálculo consumo energético señalización vertical (Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Alumbrado Público del Ay. Zaragoza)

Tipo de lámpara	Potencia instalada en 2006 (W)	Potencia instalada en 2010 (W)	Consumo en 2006 (GWh)	Consumo anual actual (GWh)
HPS	7002000	11553300	28,01	46,21
HM	198000	326700	0,79	1,31
Total	7200000	11880000	28,80	47,52



4.5 – Mantenimiento

De los trabajos de mantenimiento de las infraestructuras sólo se ha podido recopilar información de la reposición de señalización vertical. Al año se sustituyen 626 señales de aluminio y 4455 de acero según el Área de Movilidad Urbana del Ayuntamiento de Zaragoza.

4.6 - Conclusiones de la evaluación de las infraestructuras

No se han podido evaluar todos los costes relacionados con las infraestructuras por falta de información como se ha detallado en el Anexo III, en consecuencia en algunos casos se han tenido que realizar simplificaciones en cálculos, procurando imputar los valores más reales posibles. Por ello, los resultados finales que se resumen en la tabla 4.6.1 son inferiores respecto a los costes energéticos reales que suponen las infraestructuras del transporte de Zaragoza.

Tabla 4.6.1: Resumes costes energéticos de las infraestructuras del transporte (Fuente: elaboración propia)

Tipo de partida	Fabricación y construcción (tep)	Operación y mantenimiento (tep /anual)
Viales	2699868,79	
Estacionamientos	306400,61	5702,44
Semáforos		1370,87
Iluminación		4085,98
Total	3006269,39	11159,30

Según propias fuentes del Ayuntamiento de Zaragoza, las infraestructuras se han incrementado notablemente en cuanto a superficies viarias (como con la inauguración del 4 cinturón). Como se ha visto en este capítulo, cada vía suele tener otro conjunto de instalaciones que dan soporte al tráfico y que suponen unos costes nada despreciables de operación y mantenimiento. Los estacionamientos también se han visto incrementados notablemente, con las nuevas zonas urbanizadas y edificadas de la ciudad.

5 – Repercusiones ambientales

Aunque el análisis de las repercusiones ambientales del transporte no se ha contemplado como una prioridad en el trabajo, se han podido realizar diferentes cuantificaciones y análisis que indican que el tráfico rodado comporta serias afecciones a la calidad del aire (en forma de emisiones de gases o partículas, más contaminación acústica) y en consecuencia a los habitantes de la ciudad. En el Anexo IV se detalla la información y los cálculos realizados.

En la figura 5.1 se han resumido los valores de emisiones de CO₂ calculadas para la fase de fabricación y construcción de turismos y viales analizados en este estudio para la ciudad de Zaragoza. Estos últimos tienen un impacto 3 veces superior al de los turismos.



Figura 5.1: Comparativa Emisiones de CO₂ en fase de fabricación y construcción. (Fuente: elaboración propia.)

En la figura 5.2, se muestra una comparativa de emisiones de CO₂ para la fase de operación y mantenimiento (O&M). Según este análisis, las emisiones de los vehículos prevalecen sobre las infraestructuras, pero hay que recordar que son cálculos parciales.

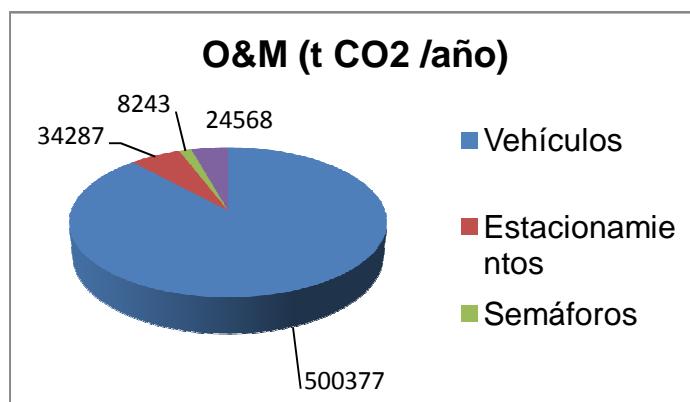


Figura 5.2: Comparativa Emisiones de CO₂ en fase de O&M. (Fuente: elaboración propia.)



6 – Análisis del transporte y la ciudad en la actualidad

En este apartado primero se han resumido los resultados de la cuantificación energética y posteriormente se ha realizado una comparativa de los resultados del trabajo actual con los de Moreno (1998) para poder apreciar cómo ha sido la evolución del transporte en más de una década en Zaragoza. Finalmente se ha pasado al análisis de la situación actual.

6.2 – Resumen de la evaluación energética del transporte

En la tabla 6.2.1 se han resumido los costes energéticos obtenidos en este trabajo. Cabe recordar que por falta de información, no se han podido evaluar todas las partidas de forma completa por lo que el análisis es parcial.

Tabla 6.2.1: Resumes costes energéticos del transporte en Zaragoza (Fuente: elaboración propia)

	Fabricación y construcción (tep)	O&M (tep/año)
ACV turismos	517844,00	77555,00
Resto vehículos		17607,00
Viales	2699868,79	
Estacionamientos	306400,61	5702,44
Semáforos		1370,87
Iluminación		4085,98
Total	3524113,40	106321,29

En el gráfico 6.2.1 se han comparado los diferentes costes energéticos de forma anual, por lo que se ha tenido en cuenta que la vida útil de los turismos se estima en 16,4 años. Para el caso de los viales se ha considerado una vida útil de 10 años, pues aunque la base del firme no necesita ser substituida la capa superficial de asfalto es la que contiene mayor energía embutida, y esta se renueva cada 5 años aproximadamente, por lo que en 10 años se considera que se consume la misma energía que inicialmente. En el caso de los estacionamientos se ha considerado la vida útil de 50 años (cifra muy conservadora).

El principal coste energético que se ha valorado, se deriva con diferencia de la construcción de los viales, el segundo es debido a la energía de tracción de los vehículos y el tercero a la construcción de los turismos. Se puede afirmar por tanto, que el conjunto de las infraestructuras tiene mayor impacto que el de los vehículos.

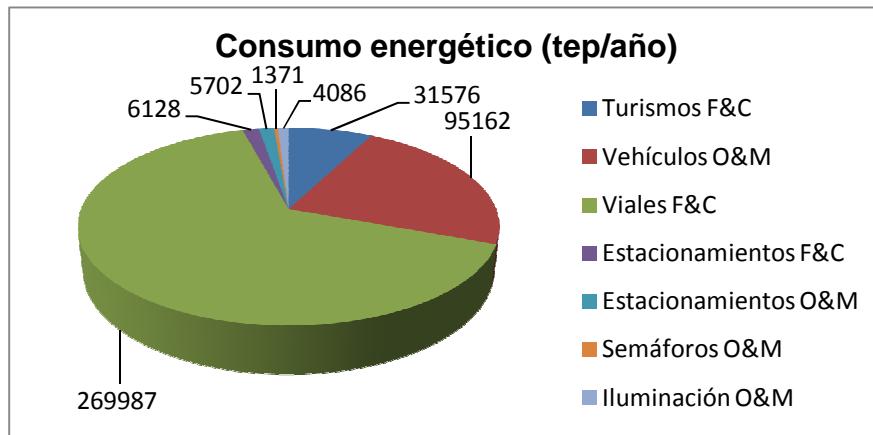


Figura 6.2.1: Resumes costes energéticos del transporte en Zaragoza. (Fuente: elaboración propia.)

En la tabla 6.2.2 se han resumido las emisiones de CO₂ asociadas. En la figura 6.2.2 se comparan anualmente las emisiones según los años de vida útil explicados anteriormente. En este caso los mayores emisores proceden de los vehículos.

Tabla 6.2.2: Resumen de las Emisiones de CO₂ del transporte en Zaragoza (Fuente: elaboración propia.)

Tipo de partida	Fabricación y construcción (t CO ₂)	O&M (t CO ₂ /año)
Turismos/ vehículos ⁵	1038164	500377
Viales	2934565	
Estacionamientos		34287,13
Semáforos		8242,63
Iluminación		24567,84
Total	3972729,56	293797,69

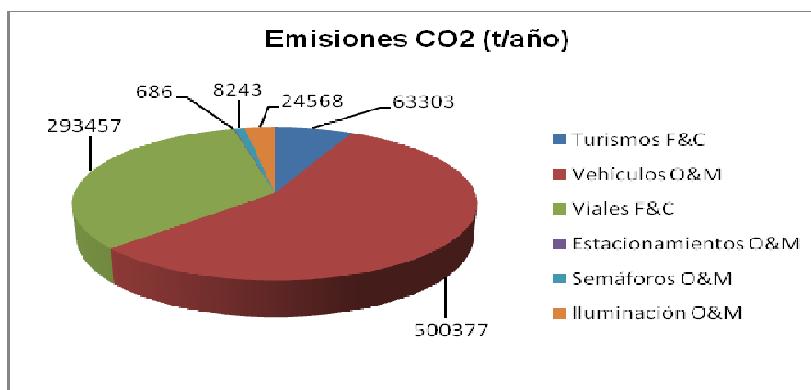


Figura 6.2.2: Resumen emisiones de CO₂ del transporte en Zaragoza. (Fuente: elaboración propia.)

⁵ En la fase de fabricación se ha considerado sólo los turismos. En la fase O&M se han considerado el conjunto de vehículos.



6.3 - Comparativa de la cuantificación entre 1998 y 2010

En la tabla 6.3.1, se ha realizado un estudio comparativo sobre algunos resultados de Moreno (1998) y del presente trabajo. No se han podido comparar todos los aspectos ya que no se han valorado exactamente los mismos puntos.

Desde 1998 los vehículos empadronados en Zaragoza han aumentado cerca de un 35%. Sin embargo, el consumo de energía de tracción ha aumentado un 50%; se ha pasado de un consumo medio de 0,252 tep /vehículo año, a uno de 0,287 tep /vehículo año. Esto se debe al importante incremento de utilización del transporte privado (en especial al coche) que resulta ser más ineficiente energéticamente comparado con el transporte colectivo, además se suma el efecto añadido del aumento de consumos debido al uso de coches más potentes.

Otro aspecto importante a destacar, es la enorme diferencia en la superficie viaria contabilizada en 1998 respecto a la actual. La diferencia sorprende, por lo que se ha estudiado con detalle las posibles causas. El trabajo de 1998 se limitó sólo a los distritos urbanos, mientras que en el estudio actual se ha contemplado todo el Municipio..Sin embargo, se han aislado los datos de los distritos urbanos por lo que se ha podido comparar unos con otros (los polígonos de misma numeración más el 71, 72, 89 y 93). Debe mencionarse que no se han contabilizado las vías rápidas en zona urbana (Z-40, A-2, A-68,...) ni los polígonos parcialmente urbanos y rurales, por lo que la diferencia sería aún mayor.

Las posibles causas de la diferencia viaria son:

- El distrito urbano de Santa Isabel tiene los polígonos números 71 y 72. En Moreno (1998) no consta la existencia del polígono en el estudio y se desconoce si ha cambiado de clasificación. Es posible que no se contabilizase en el estudio anterior.
- La urbanización de Montecanal tiene el mismo problema, su número de polígono es el 89, que incluye otras zonas del distrito de Casablanca, como son Valdespartera o Arcosur. Es posible que no se contabilizase en el estudio anterior.
- Según Moreno (1998) puede existir un posible fallo estadístico de un 18% en la contabilización de la superficie.
- A pesar de las consideraciones anteriores es evidente que la superficie viaria se ha extendido mucho en la ciudad de Zaragoza. Esto queda patente de forma gráfica en el anexo V que recoge los callejeros de 1997 y 2006. Se ha construido principalmente en el Actur y en Casablanca donde se han creado



los Barrios de Parque Goya I y II, Valdespartera y Arcosur (este último en fase de construcción). Aunque también el tercer y cuarto cinturón han supuesto una expansión viaria impresionante.

El aumento de la superficie viaria también ha supuesto un aumento notable del resto de infraestructuras, como son las plazas de estacionamiento ya sean reguladas o libres en los viales públicos. Aunque los datos obtenidos son de 2004 marcan una tendencia de crecimiento que se ve reforzada por los datos del incremento del alumbrado público entre 2006 y 2010.

Hay que recordar que los resultados obtenidos no cuantifican todos los costes energéticos derivados por el transporte, por lo que los números reales son con mucha probabilidad aún más elevados.

Si nos fijamos en las emisiones del tráfico rodado, vemos que aunque las emisiones de CO₂ han aumentado debido al aumento del volumen del tráfico, el resto de emisiones en general ha descendido debido a las restricciones en la fabricación de los vehículos o de los combustibles.

Tabla 6.3.1: Comparativa estudio de 1998 y de 2010 del transporte en Zaragoza (Fuente: elaboración propia.)

Año resultados o datos	1998	2004 o 2006	2010	Diferencia %
Nº Turismos	189184		244850	29,42
Vehículos padrón	245349		331198	34,99
Vehículos TUZSA	264		374	41,67
Fabricación turismos (tep)	344882		517844	50,15
Energía tracción vehículos (tep/año)	61870		95162	53,81
Polígonos considerados	57		83	45,61
Polígonos considerados distritos urbanos	57		61	7,02
Superficie distritos urbanos (m ²)	4480000		9810251	118,98
Superficie total estudiada (m ²)	4480000		16723169	273,29
Plazas ESRO (zona azul) (datos 2004)	3081	4128		33,98
Plazas ESRE (zona naranja) (datos 2004)	2253	2756		22,33
Puntos de iluminación (datos 2006)		40000	66000	65,00
Emisiones CO ₂ tráfico rodado (t/año)	182852		500377	173,65
Emisiones CO tráfico rodado (t/año)	10235		7783	-23,96
Emisiones COV tráfico rodado (t/año)	1498		1038	-30,71
Emisiones Partículas tráfico rodado (t/año)	1423		130	-90,86
Emisiones NOx tráfico rodado (t/año)	1384		2407	73,92
Emisiones SO ₂ tráfico rodado (t/año)	77		23	-70,13



6.4 – Análisis de la situación actual

El conjunto de datos obtenidos, y su comparativa con los resultados de Moreno (1998) nos muestran que los números se han disparado en todos los sentidos en los últimos 12 años, más allá del incremento demográfico del Término Municipal de Zaragoza que como ya hemos mencionado se ha incrementado en un 13,5% de 1993 a 2008. El consumo energético, las emisiones, el número de coches, la superficie viaria, el número de viviendas,...la ciudad se ha desarrollado pero los resultados obtenidos indican que no lo ha hecho con un modelo sostenible.

El aumento de superficie de la ciudad por si solo ha representado un aumento de consumos energéticos y de emisiones, al no existir un sistema de transporte colectivo de calidad para los usuarios. Se ha producido un aumento de la compra y utilización de vehículos privados, produciéndose otro aumento acumulativo de consumo energético y de emisiones.

Desde la propia administración local y regional, parece que el fenómeno no ha pasado desapercibido del todo, pues se han ido impulsando medidas encaminadas a cambiar la tendencia actual. Si nos centramos en el transporte, se ha elaborado el “Plan intermodal de transportes - Plan de movilidad sostenible de Zaragoza” de 2006, el “Proyecto de elaboración del mapa de ruido y plan de acción del término municipal de Zaragoza” de Diciembre 2007, el “Plan director de la bicicleta de Zaragoza” de 20 Mayo 2010. El problema de estas medidas es que se están produciendo desfasadas en el tiempo, pues lo ideal sería haber incorporado en la fase de expansión urbanística un modelo de transporte más sostenible.

En los documentos mencionados antes se plantean soluciones para devolver la ciudad a los peatones siguiendo el camino de otras ciudades españolas y europeas. Parte de estas soluciones ya se han puesto en marcha.

En 2008 junto con el Ministerio de Fomento se puso en marcha la primera línea de Cercanías de Renfe en Zaragoza, de esta forma se ha regenerado una estructura existente y una forma de transporte interurbano más eficiente que el automóvil privado o que incluso los autobuses interurbanos.

Actualmente se construye un tranvía - metro ligero que conectará Parque Goya con Valdespartera atravesando la ciudad de norte a sur. La primera fase debería estar terminada en 2011; ésta conectará a Valdespartera con el centro de la ciudad. Éste es un medio de transporte más eficiente energéticamente, mejor medioambientalmente y de mayor calidad para el ciudadano al circular por una vía dedicada. Si esta línea de



tranvía se integra eficientemente en la red de autobuses urbana puede suponer una mejora sustancial para toda la ciudad.

También se ha dado impulso a la utilización de la bicicleta creando una red de carriles bici, y un servicio público de alquiler de bicicletas con una red de estacionamientos a lo largo de toda la ciudad.

Está previsto reordenar las líneas de autobuses, aumentando los carriles dedicados a estos para poder mejorar su frecuencia y velocidad en los recorridos mejorando la calidad del servicio. Por otro lado se ha impulsado la utilización de combustibles alternativos que reduzcan los consumos energéticos y las emisiones.

También está previsto aumentar las zonas peatonales, la creación de estacionamientos perimetrales que sean disuasorios para el tráfico con vehículos privados y que estén conectados con el transporte público.

Estas y otras medidas no mencionadas como las campañas de concienciación ciudadana, buscan solventar los problemas generados por la expansión urbanística, que ha generado núcleos de actividad alejados del centro de la ciudad fomentando el transporte privado al carecer estos nuevos núcleos de sistemas de transporte lo suficiente atractivos para los usuarios.



7 – Conclusiones

El trabajo ha necesitado de la buena predisposición de múltiples Servicios del Ayuntamiento, pues el alcance requería gran cantidad de información de variadas disciplinas. La colaboración ha sido buena pero se ha visto dificultada por la segmentación y dispersión de los datos. Estas dificultades se ven reflejadas en el trabajo en huecos faltos de información (puntos donde no se han podido evaluar las implicaciones energéticas por falta de datos). Esta falta de fluidez o de accesibilidad de datos, hace pensar que la gestión del conjunto no puede ser eficiente, pues la carencia de información y el consiguiente adecuado control, es contrario a la eficiencia energética. Es necesario que la información sea más accesible, y más actualizada llegando a ser en tiempo real.

Centrándonos en los resultados, se ha visto que los costes energéticos de la movilidad vienen generados en gran medida por el tipo de urbanización de la ciudad. Si se crea una nueva zona habitable, ésta tiene que estar acompañada de un servicio público de alta calidad que fomente el uso por parte de los ciudadanos y que al mismo tiempo sea sostenible. Crear un barrio Bioclimático como Valdespartera donde además de construir con mejores materiales y buscar la optimización energética, se fomenta el uso adecuado de la vivienda por parte del ciudadano, se transforma en una contradicción cuando no se dota de un servicio de transporte colectivo sostenible. El resultado es que se termina recurriendo al vehículo privado que como hemos visto, es uno de los grandes responsables del consumo energético y de las repercusiones ambientales negativas. La rehabilitación de edificios o zonas degradadas puede ser una alternativa a la nueva urbanización de espacios.

Se ha visto que el coche resulta ser el transporte con mayores costes energéticos, pues son elevados tanto en fase de fabricación como en su utilización. Existen experiencias de “carsharing”, alquiler compartido de vehículos que aumentan la tasa de utilización de este respecto al uso privado, por lo que la energía embutida en la fabricación se utiliza para hacer más trabajo, mejorándose la eficiencia global de ciclo de vida del vehículo.

Se ha comprobado que existen diferentes planes o medidas en marcha por parte de la Administración, que buscan provocar un cambio del modelo de movilidad hacia uno más eficiente energéticamente que limite las repercusiones ambientales, y en consecuencia mejore la calidad de vida de los ciudadanos. Una medida es la creación de la línea del tranvía, obra que ha generado polémica e indignación por parte de la ciudadanía obligada a cambiar de costumbres de forma forzosa por ver cortadas parte



de las arterias viarias de la ciudad. Este es un punto muy importante, si no se informa, educa y finalmente conciencia al ciudadano a cambiar sus costumbres insostenibles, el cambio será lento y tardío, pues los recursos del planeta son finitos, y nuestro tiempo de seguir en este camino, también. Por eso también en parte es necesario que la Administración imponga en algunos casos y beneficie en otros. Todo pasa porque la Administración planifique y desarrolle de forma sostenible. Y que el ciudadano concienciado se lo exija y que sea capaz de renunciar a pequeñas comodidades en favor del bienestar general, pero también propio.

Una ciudad mejor es posible, **todos** tenemos que poner de nuestra parte.





8 – Bibliografía

- ACEA, (2010). “*European motor vehicle parc 2008*”, ACEA 2010.
- Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad, (2010). “*Actualización de los Indicadores de Sostenibilidad de Zaragoza 2009*”, cuaderno Nº 17, Agenda 21. 2010.
- ANFAC, (2010). “*Memoria anual 2009*” ANFAC, 2010.
- Aranda Usón, J.A. (2008). Tesis Doctoral “*Modelos Energéticos Sostenibles para España. Perspectiva desde la Ecoeficiencia*”, Universidad de Zaragoza, 2008.
- Ayuntamiento de Zaragoza, (2007). “*Proyecto de elaboración del mapa de ruido y plan de acción del término municipal de Zaragoza*” del Ayuntamiento de Zaragoza, diciembre 2007.
- Dixit, M.K., Fernández-Solís, J.S., Lavy, S., Culp, C.H., (2010). “*Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review*” Energy and Buildings 42, 2010.
- Estevan, A. Sanz, A. (1994). “*La situación en el mundo 1994*”. Informe del Worldwatch Institute “*Apéndice La estabilización ecológica del transporte en España*” Emecé Editores y Cip/fuhem, Madrid, 1994.
- Gobierno de Aragón, Ayuntamiento de Zaragoza, (2006). “*Plan intermodal de transportes-plan de movilidad sostenible de Zaragoza*”, Ayuntamiento de Zaragoza, 2006.
- Hakamada, M., Furuta,T., Chino,Y., Chen,Y., Kusuda, H., Mabuchi, M., (2007). “*Life cycle inventory study on magnesium alloy substitution in vehicles*” Energy 32, 2007.
- IDAE, (2010). “*Guía de Vehículos Turismo de venta en España, con indicación de consumos y emisiones de CO2*” MITYC, 2010.
- Idom, (2010). “*Plan director de la bicicleta de Zaragoza*”, Ayto. Zaragoza, mayo 2010.
- Ministerio de Economía (2003). “*REAL DECRETO 1700/2003, de 15 de diciembre, por el que se fijan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo, y el uso de biocarburantes*” BOE núm. 307 Miércoles 24 diciembre 2003.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2002). “*Real Decreto 842/2002, de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de 2002*”, BOE nº 224 de 18 de septiembre de 2002.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, IDAE, (2007). “*Plan de Activación del Ahorro y Eficiencia Energética, 2008-2011*”, MITYC, Julio 2007.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, (2009). “*La Energía en España 2008*”, 2009.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, (2010). “*BOLETÍN TRIMESTRAL DE COYUNTURA ENERGÉTICA*” NÚMERO 61 1er. trimestre 2010.
- Moreno Llorente, J. (1998). PFC: “*Costes energéticos del transporte en la ciudad de Zaragoza*”, Universidad de Zaragoza, Mayo de 1998.



Servicio de Movilidad Urbana Ayto. Zaragoza, (2008). *“Encuesta de Movilidad Cotidiana del Área de Zaragoza 2007”*, Ayto. Zaragoza, Agosto 2008.

Zabalza Bribián, I., Aranda Usón, J.A., Scarpellini, S., (2009). *“Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification methodology as a complement for building certification”* Building and Environment 44, 2009.

Zabalza Bribián, I., (2010). Tesis Doctoral (en publicación) *“Adaptación de la metodología del análisis de ciclo de vida para la evaluación y la mejora del impacto energético y ambiental de la edificación en España”*, Universidad de Zaragoza 2010.

Zamel, N., Li, X. (2006). *“Life cycle comparison of fuel cell vehicles and internal combustion engine vehicles for Canada and the United States”*, Journal of Power Sources 162, 2006.

Páginas Web y revistas:

Ayuntamiento de Zaragoza, página web <http://www.zaragoza.es>.

Asociación española de fabricantes de automóviles y camiones (ANFAC), página web <http://www.anfac.com>

Association des Constructeurs Européenes d'Automobiles (ACEA), página web <http://www.acea.be/>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, (IDEA), página web www.idae.es.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, (MITYC), página web www.mityc.es.

Revista “Coches” Nº9, GrupoV, Septiembre de 2010.

ScienceDirect, página web www.sciencedirect.com



Anexo I





1 – Introducción

En este anexo se ha ampliado la información sobre la movilidad en la ciudad de Zaragoza citada en el capítulo 3 de la memoria del presente TFM. Las fuentes principales han sido la “Encuesta de Movilidad Cotidiana del Área de Zaragoza 2007” (Ayto. Zaragoza, 2008), el “Plan intermodal del transporte” (Gobierno de Aragón, Ayto. Zaragoza, 2006) y el “Plan director de la bicicleta de Zaragoza” (Ayto. Zaragoza, 2010). El objetivo del presente Anexo es analizar los flujos del transporte para obtener los cálculos de energía de tracción y las emisiones de los distintos vehículos. Estos temas se tratan en el capítulo 4 de la memoria y de forma ampliada en el Anexo II.

La movilidad se divide en 6 grupos según el medio de transporte utilizado:

- 1) A pie: a pie, en silla de ruedas, con bastones, a caballo, en patines, con muletas.
- 2) En bicicleta: en bicicleta, en kart.
- 3) En transporte privado: en taxi, en moto (conductor), en moto (acompañante), en coche (conductor), en coche (acompañante), en ambulancia, en transporte adaptado.
- 4) En transporte público: en autobús urbano, en autobús de barrio/rural, en otros autobuses, en autocar de empresa, en autocar escolar, en autocar, en autobús ABASA, en autobús interurbano, en autobús especial inauguración IKEA.
- 5) En vehículo de empresa: en furgoneta/camión, en grúa, en tractor, en coche de empresa.
- 6) Otros: en tren regional/largo recorrido, en avión con un billete de viaje programado, otros, NS/NC.

2 – Desplazamientos semanales

Los desplazamientos resultantes de la encuesta de Movilidad de 2007 indican que semanalmente se producen 11.126.590 desplazamientos de lunes a viernes, siendo 2.225.319 los desplazamientos en un día laborable. En la figura A.1.1 se representa la distribución de los viajes medios diarios por individuo en día laborable.



Figura A.1.1: Número de viajes en día laborable (Fuente: Ayto. Zaragoza, 2008)

El número total de viajes en un día laborable tipo del 2007 con origen y/o destino en el Ámbito del Consorcio de Zaragoza realizado por los residentes asciende a 2.225.319. Repartido en sub-ámbitos, se realizan 2.001.680 por residentes en el municipio de Zaragoza y 223.638 viajes por los residentes del resto del Ámbito.

Por otro lado, el número total de viajes en un día laborable tipo del 2007 con origen y destino en el Ámbito del Consorcio de Zaragoza realizado por los residentes asciende a 2.193.152. Repartido en sub-ámbitos, se realizan 1.973.382 por residentes en el municipio de Zaragoza y 219.771 viajes por los residentes del resto del Ámbito.

En el fin de semana se producen 3.507.498 desplazamientos, siendo 1.753.749 los desplazamientos diarios medios en fin de semana. En la figura A.1.2 se representa la distribución de los viajes medios diarios por individuo en día de fin de semana.

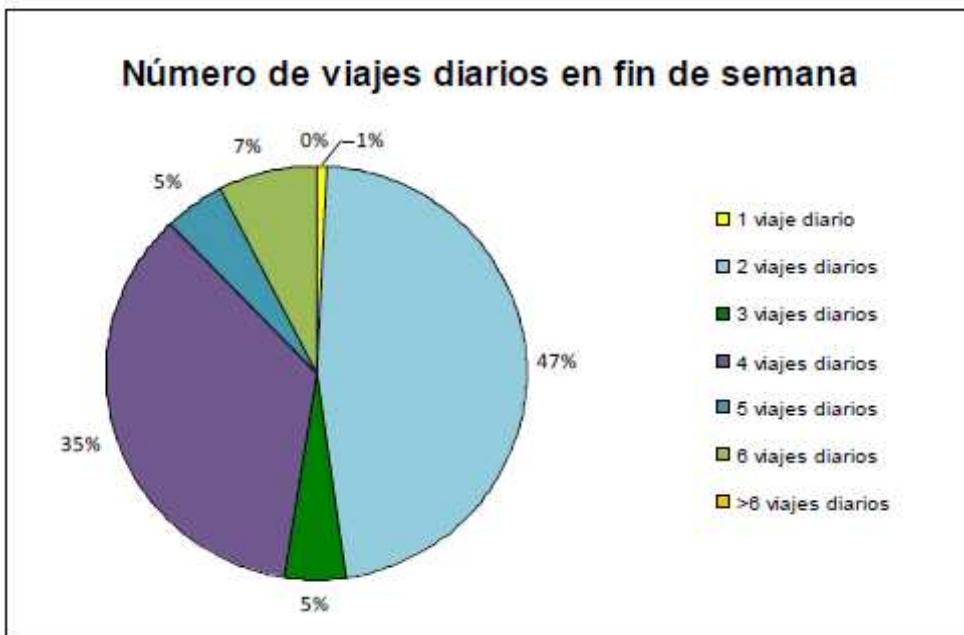


Figura A.1.2: Número de viajes en día de fin de semana (Fuente: Ayto. Zaragoza 2008)

Como datos complementarios y actualizados a la semana del 17/05/2010 al 23/05/2010 para el servicio biZi (alquiler de bicicletas por parte del Ayuntamiento de Zaragoza), el promedio en un día laborable de usos es de 8.587, el promedio en un día de fin de semana es de 5.244 usos de bicicleta (Fuente: Área de Movilidad del Ayuntamiento de Zaragoza)



3 – Reparto modal

En este apartado se ha descrito cómo se reparten modalmente los desplazamientos. El medio de transporte a pie es el más utilizado con el 53,1% del total, seguido del transporte privado con el 27,7% y del trasporte público con un 17,5%.

Si se analiza con más detalle el transporte privado como se puede ver en la figura A.1.3, el coche predomina con el 93% de las etapas.

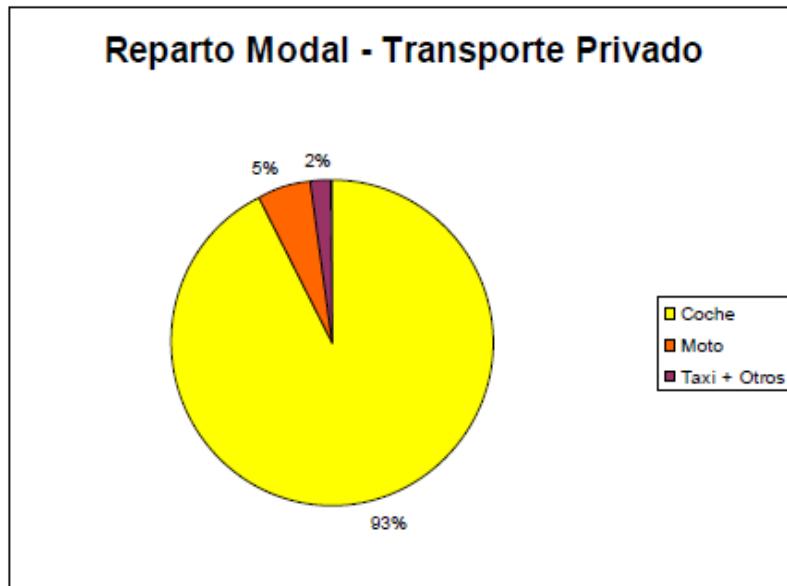


Figura A.1.3: Reparto modal etapas transporte privado (Fuente: Ayto. Zaragoza, 2008)

En el caso del transporte público, el medio más utilizado con diferencia es el autobús urbano con un 82,1% del total como se aprecia en la figura A.1.4.

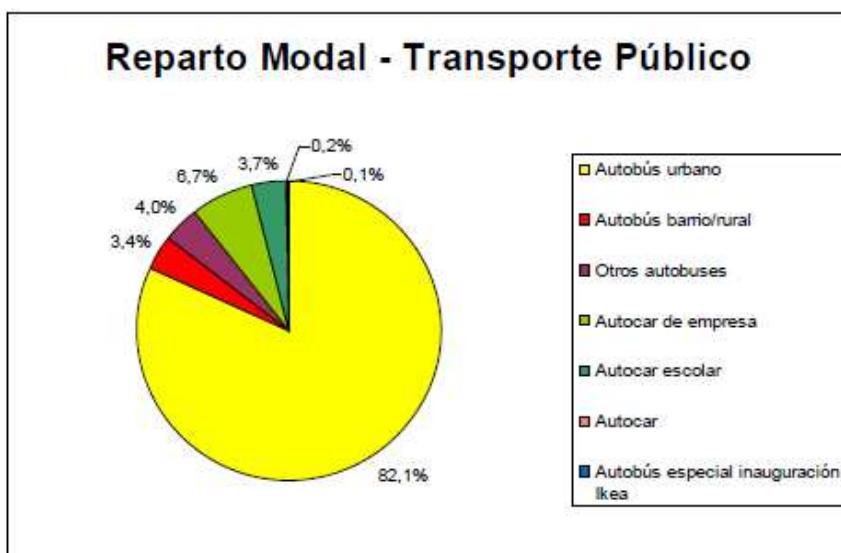


Figura A.1.4: Reparto modal etapas transporte público (Fuente: Ayto. Zaragoza, 2008)



En la tabla A.1.1 se han enumerado las etapas por medio de transporte para todos los medios disponibles en el momento de la encuesta para un día laborable. El promedio de etapas por desplazamiento es el mismo para un día laborable que para un día de fin de semana y se aproxima a 1,1.

Tabla A.1.1: Reparto modal etapas transporte día laborable (Elaboración propia a partir de Ayto.

Zaragoza, 2008)

Modo de transporte	Mun Zaragoza	Resto CTZ	Total	Mun Zaragoza	Resto CTZ	Total
A pie	1254923	91157	1346080	0,57111	0,39760	0,55472
Autobús urbano	345997	2813	348810	0,15746	0,01227	0,14374
Autobús barrio/rural	10934	3402	14336	0,00498	0,01484	0,00591
Tren regional/largo recorrido	1233	172	1405	0,00056	0,00075	0,00058
Otros buses	10839	5802	16641	0,00493	0,02531	0,00686
Taxi	12911	153	13064	0,00588	0,00067	0,00538
Coche conductor	363455	89627	453082	0,16541	0,39093	0,18671
Coche acompañante	94931	21254	116185	0,04320	0,09270	0,04788
Moto conductor	29077	2709	31786	0,01323	0,01182	0,01310
Moto acompañante	1442	72	1514	0,00066	0,00031	0,00062
Bicicleta	16720	4140	20860	0,00761	0,01806	0,00860
Furgoneta/camión	6592	1901	8493	0,00300	0,00829	0,00350
Autocar de empresa	27020	1461	28481	0,01230	0,00637	0,01174
Autocar escolar	12260	3243	15503	0,00558	0,01415	0,00639
Silla de ruedas	1408	114	1522	0,00064	0,00050	0,00063
Ambulancia	196	0	196	0,00009	0,00000	0,00008
Autocar	615	168	783	0,00028	0,00073	0,00032
Avión	0	33	33	0,00000	0,00014	0,00001
Grúa	0	108	108	0,00000	0,00047	0,00004
Patines	100	0	100	0,00005	0,00000	0,00004
Tractor	154	105	259	0,00007	0,00046	0,00011
Transporte adaptado	170	0	170	0,00008	0,00000	0,00007
Coche empresa	479	61	540	0,00022	0,00027	0,00022
Billete viaje programado	389	0	389	0,00018	0,00000	0,00016
Autobús inauguración Ikea	235	0	235	0,00011	0,00000	0,00010
Muletas	56	0	56	0,00003	0,00000	0,00002
Kart	13	0	13	0,00001	0,00000	0,00001
Otros	946	119	1065	0,00043	0,00052	0,00044
Ns/Nc	4244	653	4897	0,00193	0,00285	0,00202
Totales	2197339	229267	2426606	1,00000	1,00000	1,00000
Porcentaje del total (%)	90,5519	9,4481				



Como en la tabla anterior sólo se recogen las etapas de un día laborable, se ha tenido que calcular las etapas para un día de fin de semana. En la tabla A.1.2 se muestran los resultados del cálculo de las etapas totales en un día de fin de semana partiendo de la proporción de desplazamientos en el Municipio de Zaragoza respecto al total en un día laborable.

Tabla A.1.2: Reparto de desplazamientos y etapas (Elaboración propia a partir de Ayto. Zaragoza, 2008)

Desplaz. ambito EMCAZ2007 día laborable	Desplaz. Mun. Zgz	% desplaz. Mun. Zgz dia laborable	Desplaz. ambito día fin de semana	Desplaz. Mun. Zgz	Etapas por desplazamiento	Etapas Mun. Zgz día fin de semana
2225319	2001680	89,95	1753749	1577501,6	1,098	1731698

Una vez obtenido el número de etapas totales para el caso de un día de fin de semana se ha realizado el cálculo según el medio de transporte, para ello se ha supuesto que la proporción sobre el total es la misma que en un día laborable. Los resultados se han expuesto en la tabla A.1.3.



Tabla A.1.3: Reparto modal etapas para el Municipio de Zaragoza según el tipo de día (Elaboración propia, fuente: Ayto. Zaragoza, 2008)

Tipo de día	Día laborable	Día fin de semana
Modo de transporte	Mun. Zgz	Mun. Zgz
A pie	1254923	988990,77
Autobús urbano	345997	272676,36
Autobús barrio/rural	10934	8616,96
Tren regional/largo recorrido	1233	971,71
Otros buses	10839	8542,09
Taxi	12911	10175,01
Coche conductor	363455	286434,82
Coche acompañante	94931	74814,06
Moto conductor	29077	22915,26
Moto acompañante	1442	1136,42
Bicicleta	16720	13176,84
Furgoneta/camión	6592	5195,08
Autocar de empresa	27020	21294,16
Autocar escolar	12260	9661,97
Silla de ruedas	1408	1109,63
Ambulancia	196	154,47
Autocar	615	484,67
Avión	0	0,00
Grúa	0	0,00
Patines	100	78,81
Tractor	154	121,37
Transporte adaptado	170	133,98
Coche empresa	479	377,49
Billete viaje programado	389	306,57
Autobús inauguración Ikea	235	185,20
Muletas	56	44,13
Kart	13	10,25
Otros	946	745,53
Ns/Nc	4244	3344,65
Total etapas	2197339	1731698,28
Total desplazamientos	2001680	1577501,61
Etapas por desplazamiento (%)	1,097747392	

4 – Tiempos de desplazamientos

En este apartado se ha determinado el tiempo medio según los modos de transporte utilizados. En la figura A.1.5 se pueden ver los tiempos en función del modo y de la localización de los desplazamientos, ya sea en la ciudad de Zaragoza, en sus Barrios Rurales o en la corona exterior.

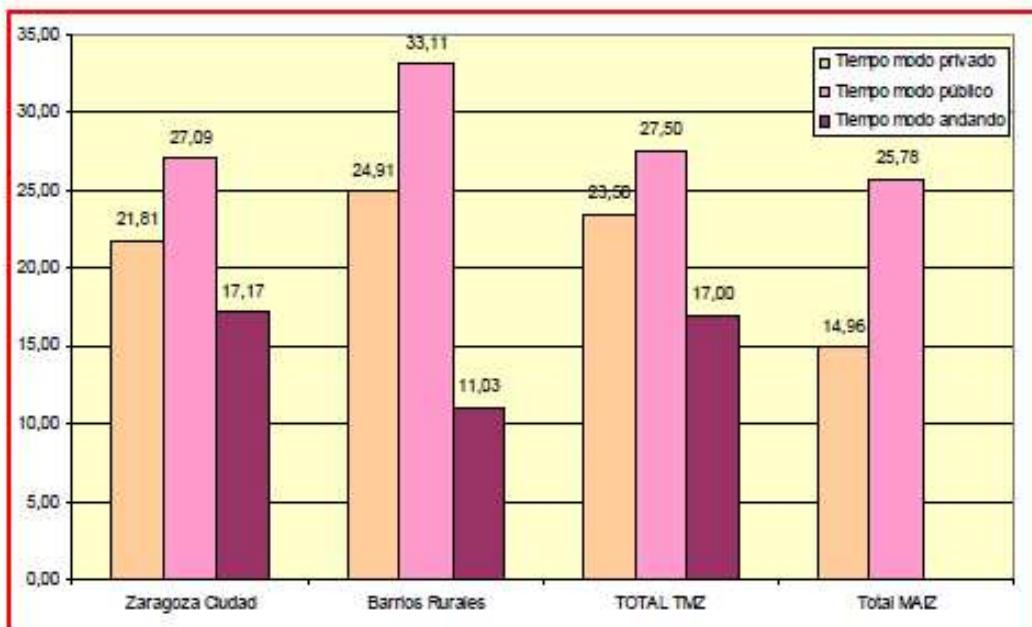


Figura A.1.5: Reparto modal tiempo medio desplazamientos (Fuente: Ayto. Zaragoza, 2006)

En la Encuesta de Movilidad (Ayto. Zaragoza, 2008) se detalla que el tiempo del trayecto del modo Taxi es de 12,7 min.

Según Moreno (1998), los tiempos de los desplazamientos en autobús urbano eran de 27,5 min, 24,5 min para el coche, 19,9 para la moto, y 20,8 para el taxi. En general vemos que los tiempos han aumentado excepto en el caso del taxi, que puede estar causado por el crecimiento de la ciudad.

En la tabla A.1.4, se detallan los tiempos medios de los desplazamientos del transporte para los distintos distritos de Zaragoza en función del modo de transporte, las celdas marcadas en amarillo representan tiempos registrados por encima de la media de la ciudad de Zaragoza.



Tabla A.1.4: Reparto modal tiempos desplazamientos (Fuente: Plan director de la bicicleta de Zaragoza, (Ayto. Zaragoza, 2010))

Distribución modal de transporte zona de atracción (%) por	Tiempo a pie	Tiempo Vehículo privado	Tiempo Modo público
Casco Histórico	14,5	19,4	25,5
Centro	17,9	22,2	25,7
Delicias	20,5	20,9	26
Ensanche (Universidad, Casablanca)	22,2	20,7	27,3
Montecanal (Casablanca)	30,2	20,3	27
San José	16,7	24	26,7
Las Fuentes	11,2	22,9	30,5
La Almozara	9,4	16,5	25,7
Oliver (Oliver, Miralbueno)	10,7	21,5	27,1
Torrero- La Paz	14,6	22,8	27,5
Actur	16,4	22,7	29,3
Cogullada (El Rabal)	17,7	29,6	25
La Jota (El Rabal)	13,5	25,6	32,8
Zaragoza Ciudad	17,17	21,81	27,09
B. R. del Norte*	11,3	25,2	33,1
B. R. del Oeste**	11,2	23,3	32,7
Cartuja	8,9	30,8	33,3
Cementerio	11,1	18,9	34,8
Barios Rurales	11,03	24,91	33,11
TOTAL TÉRMINO ZARAGOZA	17	23,5	27,5



5 – Velocidad de los desplazamientos

En este apartado se han indicado las velocidades de los diferentes medios de transporte utilizados en los cálculos. Se ha considerado una velocidad media de 23,1km/h para el taxi, el coche y la moto, y 13,32km/h para los autobuses de empresa según Moreno (1998). De la tabla A.1.5 sobre el transporte de la líneas urbanas de TUZSA, se ha obtenido que la velocidad media de los autobuses urbanos es de 13,90km/h. De la tabla A.1.6 se ha obtenido una velocidad de 26,50km/h para las líneas suburbanas de operadores distintos a TUZSA. Las celdas remarcadas en las diferentes tablas, representan situaciones problemáticas, con velocidades medias por debajo de lo habitual. En la tabla A.1.7 se resumen las citadas velocidades.

Tabla A.1.5: Características líneas TUZSA (Fuente: Plan intermodal de transporte 2006, (Ayto. Zaragoza, 2006))

Línea n°	Itinerario	Intervalo en hora punta (min)	Longitud ida (Km)	Longitud vuelta (Km)	Velocidad (km/h)	Nº de Servicios (I+V)	Bus x Km / año
20	Romareda-Polígono de Santiago	7/10	8,78	9,48	13,67	254	672.553
21	San Vicente Paúl-Oliver	7	6,33	6,62	11,73	280	525.770
22	Compromiso de Caspe-Bombarda	6/7	9,77	9,82	13,04	308	874.889
23	La Paz-Polígono de Santiago	5/6	9,36	9,07	12,8	340	908.747
23C	Plaza Aragón-Polígono de Santiago		4,84	5,46		46	68.694
24	Las Fuentes-Valdefierro	5/6	10,11	9,77	13,28	376	1.084.239
25	La Cartuja-Miralbueno	13/14	14,75	15,30	18,98	140	610.035
27	Plaza Salamero-Parque Depósito Ebro(verano)	60	7,08	6,95	14,23	28	56.946
28	Plaza Aragón-Peñaflor ⁵	22	17,52	18,49	24,7	94	490.721
29	Hospital Clínico-Academia General Militar	10/13	11,13	12,05	14,43	186	625.111
30	Las Fuentes-Casablanca	4/5	6,76	6,64	11,68	464	901.216
31	La Paz-Delicias	11/12	8,51	8,01	12,25	168	402.403
32	Santa Isabel-La Bombarda	6/7	10,85	10,73	14,59	296	926.385
33	Pinares de Venecia-Delicias	5	6,58	6,60	10,96	404	771.909
34	Almozara-Cementerio	7/8	6,50	6,62	12,24	288	548.184
35	Arrabal-Oliver ⁶	5/7	13,16	14,19	14,72	320	1.269.040
36	Picarral-Valdefierro	10	10,25	8,96	14,3	194	540.293
38	Bajo Aragón-Via Hispanidad	6/7	7,94	8,02	11,68	310	717.717
39	Pinares de Venecia-Vadorey	7/8	6,69	7,52	12,67	298	613.971
40	San José-Via Hispanidad	4/6	7,11	7,49	11,5	390	825.460
41	Plaza Aragón-Montecanal ^{7*}	15/30	7,26	7,40	14,79	84	178.547
42	La Paz-Polígono de Santiago	6/7	12,94	13,49	15,16	298	1.142.084
43	Plaza Aragón-Juslibol	30	6,28	6,93	13,32	64	122.581
44	Parque Torre Ramona-Polígono de Santiago	12/15	7,83	8,62	16,1	148	353.017
45	Paseo Reyes de Aragón-Santa Isabel	16	13,10	12,18	15,79	118	432.404
50	Vadorey-Arrabal	17	9,01	11,04	17,76	108	313.936
51	Paseo constitución - Estación Delicias	11/12	3,54	3,17	11,96	164	159.659
C1	Plaza las Canteras-Complejo funerario	15	1,47	1,66	-	96	43.570
C2	Parque Goya - Polígono Santiago	15	3,27	3,12	-	132	122.400
TOTAL		248,72				6.396	16.302.458



Tabla A.1.6: Características líneas suburbanas de autobús de operadores distintos de TUZSA (Fuente: Plan intermodal de transporte 2006, (Ayto. Zaragoza, 2006))

Barrio Rural	Servicio	Salidas desde Zaragoza			Salidas hacia Zaragoza			Longitud (km)	Tiempo de recorrido (min)	Velocidad comercial (km/h)	Buses x km al año
		nº serv./día	Primer y última salida	Tiempo máximo espera	nº serv./día	Primer y última salida	Tiempo máximo espera				
Casetas	Zaragoza - Casetas	71	5-23	0:30	70	5'30-23'35	0:35	16	0:30	32'00	631.680
	Zaragoza - Clavinas	13	6'30-22'30	3:00	13	7-23	3:00	16	0:30	32'00	116.480
Garrapinillos	Zaragoza - Torrepinar	9	7-23	5:00	9	7'30-23'30	5:00	16	0:30	32'00	80.640
	Zaragoza - Torrepinar - Torre Medina	5	5'30-21	8:00	4	6'1022'10	8:00	22	0:40	33'00	55.440
	Zaragoza - Garrapinillos - Torre Medina	2	9'30-13'30	4:00	2	10'45-14'45	4:00	22	0:45	29'33	24.640
Monzalbarba	Zaragoza - Monzalbarba	3	7:20-20'30	7:00	0	0-0	0:00	11	0:30	22'00	9.240
Monzalbarba	Zaragoza- Alfocea (por Monzalbarba)	2	11-15'3'0	4:30	0	0-0	0:00	15	0:25	35'97	8.400
Monzalbarba	Zaragoza-Utebo-Utebo	9	5'30-23	7:05	0	0-0	0:00	13	0:30	26'00	32.760
	Monzalbarba-Zaragoza	22	6-22'15	1:30	0	0-0	0:00	13	0:30	26'00	80.080
Movera	Zaragoza Movera	34	6-23	0:30	34	6:30-23'30	0:30	12	0:30	24'00	228.480
San Juan de Mozarrifar	Zaragoza San Juan de Mozarrifar(Ctra. Huesca)	12	6'45-23'15	1:30	12	6-22'30	1:30	10	0:45	13'33	67.200
	Zaragoza San Juan de Mozarrifar (Camino Cogullada)	24	5'45-22'45	1:00	24	5:30-23	1:00	9	0:45	12'00	120.960
Villamayor	Zaragoza Villamayor	34	6-22'30	0:30	34	6:45-23	0:30	12	0:45	16'00	228.480
Villarrapa	Zaragoza - Villarrapa	4	6'45-18'15	5:00	4	7:30-19	5:00	24	0:43	33'47	53.760
Zorongo	Zaragoza Ciudad del Transporte Zorongo	34	6'30-23	0:30	34	6:30-23	0:30	18	0:30	36'00	342.720
Aeropuerto	Zaragoza - Aeropuerto	6	7-21	6:15	6	7:30-21'45	6:30	15	0:30	30'00	50.400
	Total	284			246			244		26'498	2.131.360

Tabla A.1.7: Velocidades medias de los diferentes medios de transporte (Fuente: elaboración propia)

	Taxi	Coche	Moto	Empresa	Autobús
Velocidad en km/h	23,10	23,10	23,10	26,50	13,90





Anexo II





1 – Introducción

En este anexo se ha ampliado la información relativa al capítulo 4 de la memoria que está dedicado a la cuantificación de materiales y de energía utilizada en la construcción y en la utilización de los diferentes vehículos utilizados como medios de transporte en la ciudad de Zaragoza dispongan o no de motor.

En la tabla A.2.1 se muestra el poder calorífico de los distintos combustibles en toneladas equivalentes de petróleo (tep) utilizado para realizar los cálculos.

Tabla A.2.1: Tabla de conversión a tep (Fuente: Ministerio de industria “BOLETÍN TRIMESTRAL DE COYUNTURA ENERGÉTICA” NÚMERO 61 1er. trimestre 2010)

COEFICIENTES DE PASO A TONELADAS EQUIVALENTES DE PETRÓLEO (tep)

Valores estimados (Tep/Tm)	Coefficientes recomendados por la AIE (Tep/Tm)
CARBON: Generación eléctrica: - Hulla + Antracita 0,4970 - Lignito negro 0,3188 - Lignito pardo 0,1762 - Hulla importada 0,3810	PRODUCTOS PETROLIFEROS: - Petróleo crudo 1,019 - Caudalímetros de Gas natural 1,080 - Gas de refinería 1,150 - Fuel de refinería 0,960 - G.L.P. 1,130 - Gasolinas 1,070 - Keroseno aviación 1,065 - Keroseno agitado y corriente 1,045 - Gasóleos 1,035 - Fuel-oil 0,960 - Naftas 1,075 - Coque de petróleo 0,740 - Otros productos 0,960
Coqueas: - Hulla 0,6915	
Resto usos: - Hulla 0,0095 - Coque metalúrgico 0,7050	GAS NATURAL (Tep/GCal P.C.G.) 0,090 ELECTRICIDAD (Tep/Mwh) 0,006 HYDRAULICA (Tep/Mwh) 0,086 NUCLEAR (Tep/Mwh) 0,2606

PREFIJOS: Mega (M): 10^6

Giga (G): 10^9

Tera (T): 10^{12}

UNIDADES Y FACTORES DE CONVERSIÓN PARA ENERGÍA:

De:	\	A:	Tj	Gcal	Mtep	Mtermias	GWh
Multiplicar por:							
Tj		1	238,8		$2,388 \times 10^{-5}$	0,2388	0,2778
Gcal			$4,1868 \times 10^{-3}$	1	10^{-7}	10^{-3}	$1,163 \times 10^{-3}$
Mtermias			$4,1868$	10^3	10^4	1	1,163
Mtep			$4,1868 \times 10^4$	10^7	1	10^4	11630
GWh			3,6	860	$8,6 \times 10^{-5}$	0,86	1

2 – Análisis del padrón de los vehículos

En este apartado el primer paso ha sido obtener el padrón de vehículos de la ciudad de Zaragoza del año 2010 y compararlo con los datos utilizados en Moreno (1998). En la tabla A.2.2 se muestran los datos obtenidos.

El primer dato relevante es que el total de vehículos empadronados en la ciudad ha pasado de 408 vehículos cada 1000 habitantes en 1998, a 485 vehículos cada 1000 habitantes de la actualidad.. La media de turismos de Zaragoza es de 359 cada 1000 habitantes, muy por debajo de la media española como se puede ver en la figura A.2.1.



Figura A.2.1: Evolución de turismos en España por cada 1000 habitantes (Fuente: ANFAC)

Si pasamos a analizar los datos según la tipología de vehículos, podemos comprobar que el grupo con mayor peso sigue siendo el de los turismos con un 73,9% del total de 331.198 vehículos. Otro dato a destacar de este grupo es que se ha producido un incremento de la cilindrada media de los turismos pasando a dominar el panorama la categoría de 12 a 15,99 caballos fiscales con un incremento del 183,3%.

El único grupo que ha sufrido un descenso es el de los autobuses privados, pero este dato es casi anecdótico pues representa el 0,1% del total de vehículos. Los vehículos de TUZSA no constan en el padrón. En 1994, TUZSA disponía de 261 autobuses y 3 microbuses. A 31 de Diciembre del 2009 TUZSA disponía de 86 buses articulados (18 m), 11 PMRs, 5 turísticos y 272 buses convencionales (12 m), lo que hacía un total de 374 buses y una subida del 41,7% respecto al año 1994.



El grupo que representa a los camiones ha sufrido un aumento del 59,1%. Cabe destacar que la categoría con mayor crecimiento corresponde a los vehículos de menor carga admisible.

En la categoría de tractores se ha producido el aumento más acusado con un 215,7%. En esta categoría se incluyen vehículos del sector de la construcción que pueden circular por la vías.

La categoría que agrupa ciclomotores y motocicletas es la segunda con mayor número con un 14,1% del total de vehículos. También es el grupo que ha sufrido el mayor aumento con un 61,1% en cuanto a número. Los aumentos más acusados corresponden a las categorías por encima de los 500cc.

Tabla A.2.2: Padrón de vehículos de 1993 y 2010 (Elaboración propia. Fuente: Área de Hacienda del Ayuntamiento de Zaragoza)

Año 1994		Año 2010		
TIPO DE VEHICULO	Nº VEHICULOS	TIPO DE VEHICULO	Nº VEHICULOS	Diferencia
A) TURISMOS		A) TURISMOS		
DE MENOS DE 8 CABALLOS FISCALES	6827	DE MENOS DE 8 CABALLOS FISCALES	2557	-62,5
DE 8 HASTA 11,99 CABALLOS FISCALES	134591	DE 8 HASTA 11,99 CABALLOS FISCALES	99970	-25,7
DE 12 CABALLOS FISCALES		DE 12 CABALLOS FISCALES	2158	
DE 12 HASTA 15,99 CABALLOS FISCALES	42779	DE 12 HASTA 15,99 CABALLOS FISCALES	121190	183,3
DE 16 CABALLOS FISCALES		DE 16 CABALLOS FISCALES	203	
DE MAS DE 16 CABALLOS FISCALES	4987	DE 16 HASTA 19,99 CABALLOS FISCALES	15289	206,6
		DE MAS DE 20 CABALLOS FISCALES	3483	
TOTAL	189184	TOTAL	244850	29,4
B) AUTOBUSES		B) AUTOBUSES		
DE MENOS DE 21 PLAZAS	34	DE MENOS DE 21 PLAZAS	33	-2,9
DE 21 A 50 PLAZAS	134	DE 21 A 50 PLAZAS	99	-26,1
DE MAS DE 50 PLAZAS	346	DE MAS DE 50 PLAZAS	268	-22,5
TOTAL	514	TOTAL	400	-22,2
C) CAMIONES		C) CAMIONES		
DE MENOS DE 1000 KG. DE CARGA UTIL	10523	DE MENOS DE 1000 KG. DE CARGA UTIL	20041	90,4
DE 1000 A 2999 KG. DE CARGA UTIL	5820	DE 1000 A 2999 KG. DE CARGA UTIL	7555	29,8
DE 3000 A 9999 KG. DE CARGA UTIL	1711	DE 3000 A 9999 KG. DE CARGA UTIL	1925	12,5
DE MAS DE 9999 KG. DE CARGA UTIL	1129	DE MAS DE 9999 KG. DE CARGA UTIL	992	-12,1
TOTAL	19183	TOTAL	30513	59,1



Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Tabla A.2.2 (continuación): Padrón de vehículos de 1993 y 2010 (Elaboración propia. Fuente: Área de Hacienda del Ayuntamiento de Zaragoza)

Año 1994		Año 2010		
D) TRACTORES		D) TRACTORES		
DE MENOS DE 16 CABALLOS FISCALES	72	DE MENOS DE 16 CABALLOS FISCALES	2297	3090,3
DE 16 A 25 CABALLOS FISCALES	189	DE 16 A 25 CABALLOS FISCALES	1033	446,6
DE MAS DE 25 CABALLOS FISCALES	1532	DE MAS DE 25 CABALLOS FISCALES	2330	52,1
TOTAL	1793	TOTAL	5660	215,7
E) REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES		E) REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES		
DE MENOS DE 1000 KG. DE CARGA UTIL	285	DE MENOS DE 1000 KG. DE CARGA UTIL	130	-54,4
DE 1000 A 2999 KG. DE CARGA UTIL	117	DE 1000 A 2999 KG. DE CARGA UTIL	227	94,0
DE MAS DE 2999 KG. DE CARGA UTIL	1794	DE MAS DE 2999 KG. DE CARGA UTIL	2778	54,8
TOTAL	2196	TOTAL	3135	42,8
F) OTROS VEHICULOS		F) OTROS VEHICULOS		
CICLOMOTORES	17052	CICLOMOTORES	19507	14,4
TOTAL	17052	TOTAL	19507	14,4
MOTOCICLETAS		MOTOCICLETAS		
HASTA 125 CC	4960	HASTA 125 CC	11937	140,7
DE MAS DE 125 CC HASTA 250 CC	3171	DE MAS DE 125 CC HASTA 250 CC	5395	70,1
DE MAS DE 250 CC HASTA 500 CC	1357	DE MAS DE 250 CC HASTA 500 CC	2064	52,1
DE MAS DE 500 CC HASTA 1000 CC	2201	DE MAS DE 500 CC HASTA 1000 CC	6498	195,2
DE MAS DE 1000 CC	213	DE MAS DE 1000 CC	1239	481,7
TOTAL	11902	TOTAL	27133	128,0
TOTAL	28954	TOTAL	46640	61,1
TOTALES	245349	TOTALES	331198	35,0

Uno de los vehículos utilizados en la ciudad de Zaragoza y que no está contemplado en la tabla A.2.2 es la bicicleta. La ciudad disponía en su servicio de alquiler de 1000 unidades a 31 de diciembre de 2009.

El padrón de vehículos clasifica parte de estos según los caballos fiscales como establece el “Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos”. Para el cálculo se aplica la fórmula (1.1):

$$P_f = TN \left(\frac{C}{N} \right)^{0,6} \quad (1.1)$$

Donde:

- P_f = Potencia fiscal
- T = 0,08 para motores 4 tiempos
- C = Cilindrada en cm³
- N = Número de cilindros



De la fórmula anterior se entiende que el padrón de vehículos clasifica estos en función de la cilindrada del motor, sin tener en cuenta el tipo de combustible utilizado, la potencia del motor, el consumo de combustible, la emisión de gases contaminantes o el peso del vehículo.

Para suplir esta falta de información se ha realizado un estudio sobre el parque de turismos en España, donde se ha generado una base de datos con hasta 1004 motorizaciones distintas de las marcas recogidas en la tabla A.2.3.

Tabla A.2.3: Matriculación de automóviles de turismo España (Fuente: Memoria anual 2009 ANFAC)

Marcas/Maques	2008			2009			%09/08
	Nacional National	Importado Import	Total	Nacional National	Importado Import	Total	
Citroën	29.750	72.516	102.266	35.578	52.284	87.862	-14,1
Peugeot	33.870	69.012	102.882	26.230	55.486	81.716	-20,6
Renault	37.115	64.184	101.299	44.712	44.439	89.151	-12,0
Ford	44.170	62.233	106.403	36.772	47.083	83.855	-21,2
Opel	25.182	49.320	74.502	21.172	45.848	67.020	-10,0
Seat	100.969	1.156	102.125	83.160	632	83.792	-18,0
Volkswagen	25.096	69.843	94.939	18.715	59.787	78.502	-17,3
Audi		48.909	48.909	0	40.145	40.145	-17,9
Mercedes-Benz	1.399	39.213	40.612	963	26.676	27.639	-31,9
Nissan	2.583	32.160	34.743	828	34.985	35.813	3,1
Suzuki	350	12.669	13.019	0	9.617	9.617	-26,1
Alfa Romeo	0	5.900	5.900	0	4.128	4.128	-30,0
Lancia	0	4.299	4.299	0	2.118	2.118	-50,7
Fiat	0	31.336	31.336	0	17.554	17.554	-44,0
Ferrari	0	82	82	0	81	81	-1,2
Dacia	0	6.974	6.974	0	8.724	8.724	25,1
Dodge	0	2.460	2.460	0	2.206	2.206	-10,3
Jeep	0	2.964	2.964	0	1.950	1.950	-34,2
Land Rover	0	5.378	5.378	0	4.212	4.212	-21,7
Lexus	0	2.744	2.744	0	2.048	2.048	-25,4
Ssangyong	0	4.330	4.330	0	3.371	3.371	-22,1
Maserati	0	106	106	0	41	41	-61,3
Rover	0	3	3	0	0	0	-100,0
Jaguar	0	1.844	1.844	0	1.125	1.125	-39,0
BMW	0	47.821	47.821	0	32.424	32.424	-32,2
Mini	0	10.884	10.884	0	8.351	8.351	-23,3
Porsche	0	1.496	1.496	0	994	994	-33,6
Volvo	0	9.835	9.835	0	8.289	8.289	-15,7
Saab	0	3.495	3.495	0	1.577	1.577	-54,9
Hyundai	0	21.440	21.440	0	17.238	17.238	-19,6
Daihatsu	0	149	149	0	113	113	-24,2
Honda	0	20.295	20.295	0	17.230	17.230	-15,1
Kia	0	23.669	23.669	0	15.623	15.623	-34,0
Mazda	0	15.016	15.016	0	10.626	10.626	-29,2
Mitsubishi	0	7.967	7.967	0	6.399	6.399	-19,7
Subaru	0	1.893	1.893	0	1.633	1.633	-13,7
Toyota	0	57.829	57.829	0	54.328	54.328	-6,1
Chevrolet	0	18.795	18.795	0	20.246	20.246	7,7
Lada	0	81	81	0	82	82	1,2
Skoda	0	20.852	20.852	0	17.914	17.914	-14,1
Smart	0	4.399	4.399	0	3.351	3.351	-23,8
Chrysler	0	2.446	2.446	0	1.222	1.222	-50,0
Otras marcas/ Other makes	519	2.176	2.695	158	2.304	2.462	-8,6
Total	301.003	860.173	1.161.176	268.288	684.484	952.772	-17,9

Nota: Incluye procedencia UE / Note: Including EU origin

Fuente: ANFAC-IEA / Source: ANFAC-IEA

Los datos implementados en la base de datos se han obtenido de la revista "Coches" de su Nº9 de Septiembre de 2010, y se han cotejado con la "Guía de Vehículos



Turismo de venta en España, con indicación de consumos y emisiones de CO₂" (IDAE, 2010).

A continuación se han filtrado los datos según la clasificación del padrón de Zaragoza, haciendo distinción en función del tipo de combustible utilizado con lo que se ha generado una serie de tablas (de la A.2.4 a la A.2.13) para cada segmento del padrón. En cada tabla se hace el promedio del consumo de combustible y la emisión de CO₂ de los modelos por fabricante. Finalmente se ha realizado un promedio teniendo en cuenta la cuota de mercado por fabricante para el período 2008-09 reflejado en la tabla A.2.3.

En las tablas sólo se indican los fabricantes con modelos en los segmentos marcados en el Padrón de Zaragoza.

Tabla A.2.4: Consumo de gasolina y emisiones CO₂ para turismos de P_f<8 (Fuente: Elaboración propia)

Fabricante	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)	Cuota mercado	Cuota segmento	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)
CITROEN	4,50	106,00	0,09	0,23	1,04	24,54
DAIHATSU	5,00	118,00	0,00	0,00	0,00	0,04
FIAT	4,30	95,00	0,02	0,06	0,26	5,66
KIA	4,90	117,00	0,02	0,05	0,23	5,60
NISSAN	5,20	122,00	0,03	0,09	0,45	10,48
OPEL	5,60	134,00	0,07	0,17	0,96	23,09
PEUGEOT	4,60	107,00	0,09	0,22	1,03	24,05
SMART	4,50	107,33	0,00	0,01	0,04	1,01
SUBARU	5,00	118,00	0,00	0,00	0,02	0,51
SUZUKI	5,10	121,00	0,01	0,03	0,14	3,33
TOYOTA	4,73	111,33	0,05	0,14	0,65	15,20
Promedio	4,81	113,44		Resultado corregido	4,83	113,51

Tabla A.2.4: Consumo de gasoil y emisiones CO₂ para turismos de P_f<8 (Fuente: Elaboración propia)

Fabricante	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)
SMART	3,4	89
Promedio	3,4	89



Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Tabla A.2.6: Consumo de gasolina y emisiones CO₂ para turismos de 8<P_f<12 (Fuente: Elaboración propia)

Fabricante	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)	Cuota mercado	Cuota segmento	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)
Alfa Romeo	6,23	145,63	0,00	0,01	0,03	0,74
AUDI	5,38	125,00	0,04	0,05	0,24	5,65
Chevrolet	6,41	151,50	0,02	0,02	0,13	3,00
CITROEN	6,60	153,55	0,09	0,10	0,64	14,81
DACIA	7,03	166,00	0,01	0,01	0,06	1,32
DAIHATSU	6,70	157,00	0,00	0,00	0,00	0,02
FIAT	5,90	138,79	0,02	0,02	0,15	3,44
FORD	6,01	142,00	0,09	0,10	0,58	13,71
HONDA	5,10	119,50	0,02	0,02	0,10	2,27
HYUNDAI	5,78	139,75	0,02	0,02	0,11	2,74
KIA	6,03	144,00	0,02	0,02	0,12	2,87
LADA	7,10	177,00	0,00	0,00	0,00	0,01
LANCIA	6,48	152,80	0,00	0,00	0,02	0,50
MAZDA	5,73	165,67	0,01	0,01	0,07	2,16
MERCEDES	6,83	162,75	0,03	0,03	0,24	5,64
MINI	6,00	141,60	0,01	0,01	0,06	1,38
MITSUBISHI	6,15	145,75	0,01	0,01	0,04	1,06
NISSAN	6,63	155,71	0,03	0,04	0,24	5,57
OPEL	6,30	149,25	0,07	0,07	0,45	10,72
PEUGEOT	6,71	156,21	0,09	0,09	0,63	14,63
RENAULT	6,68	157,15	0,09	0,10	0,65	15,18
SEAT	6,36	146,90	0,09	0,09	0,60	13,86
SKODA	6,06	142,50	0,02	0,02	0,12	2,80
SUZUKI	6,18	147,50	0,01	0,01	0,07	1,69
TOYOTA	5,85	137,00	0,05	0,06	0,33	7,80
VOLKSWAGEN	6,59	154,47	0,08	0,09	0,58	13,59
VOLVO	7,07	168,33	0,01	0,01	0,06	1,55
Promedio	6,30	148,79	Resultado corregido		6,32	148,72



Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Tabla A.2.7: Consumo de gasoil y emisiones CO₂ para turismos de 8<P_f<12 (Fuente: Elaboración propia)

Fabricante	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)	Cuota mercado	Cuota segmento	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)
Alfa Romeo	4,50	117,33	0,00	0,01	0,02	0,65
AUDI	4,43	103,67	0,04	0,05	0,22	5,10
CITROEN	4,71	124,00	0,09	0,10	0,49	13,01
DACIA	4,94	130,14	0,01	0,01	0,04	1,13
FIAT	4,50	118,75	0,02	0,03	0,12	3,20
FORD	4,45	115,38	0,09	0,11	0,47	12,12
HYUNDAI	5,03	133,33	0,02	0,02	0,11	2,85
KIA	4,64	120,75	0,02	0,02	0,10	2,62
LANCIA	4,70	122,33	0,00	0,00	0,02	0,43
MAZDA	4,33	115,00	0,01	0,01	0,06	1,63
MINI	4,08	108,00	0,01	0,01	0,04	1,15
NISSAN	4,85	127,25	0,03	0,04	0,19	4,96
OPEL	4,73	124,00	0,07	0,08	0,37	9,69
PEUGEOT	4,63	121,82	0,09	0,10	0,47	12,41
RENAULT	4,66	122,76	0,09	0,11	0,49	12,91
SEAT	4,70	119,50	0,09	0,10	0,48	12,26
SKODA	4,40	118,60	0,02	0,02	0,09	2,54
SUZUKI	5,00	132,50	0,01	0,01	0,06	1,66
TOYOTA	4,50	119,00	0,05	0,06	0,28	7,37
VOLKSWAGEN	4,16	108,20	0,08	0,10	0,40	10,36
VOLVO	4,05	127,75	0,01	0,01	0,04	1,28
Promedio	4,60	121,08		Resultado corregido	4,58	119,31



Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Tabla A.2.8: Consumo de gasolina y emisiones CO₂ para turismos de 12<P_f<16 (Fuente: Elaboración propia)

Fabricante	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)	Cuota mercado	Cuota segmento	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)
Alfa Romeo	8,12	171,40	0,00	0,01	0,04	0,87
AUDI	7,39	171,45	0,04	0,04	0,33	7,69
BMW	6,55	158,00	0,04	0,04	0,26	6,39
Chevrolet	8,35	200,50	0,02	0,02	0,16	3,94
CITROEN	8,60	205,00	0,09	0,10	0,82	19,63
DODGE	7,80	185,00	0,00	0,00	0,02	0,43
FORD	7,64	180,43	0,09	0,10	0,73	17,29
HONDA	7,94	187,00	0,02	0,02	0,15	3,53
HYUNDAI	7,75	185,00	0,02	0,02	0,15	3,60
JEEP	8,70	207,00	0,00	0,00	0,02	0,51
KIA	7,90	194,00	0,02	0,02	0,16	3,84
LADA	9,30	233,00	0,00	0,00	0,00	0,02
LANCIA	7,80	185,00	0,00	0,00	0,03	0,60
MAZDA	7,86	185,40	0,01	0,01	0,10	2,39
MERCEDES	7,45	174,82	0,03	0,03	0,26	6,01
MITSUBISHI	10,50	250,00	0,01	0,01	0,08	1,81
NISSAN	8,25	196,00	0,03	0,04	0,29	6,97
OPEL	8,66	205,88	0,07	0,07	0,62	14,67
PEUGEOT	8,27	195,33	0,09	0,09	0,77	18,16
RENAULT	8,08	189,77	0,09	0,10	0,77	18,20
SAAB	8,88	209,00	0,00	0,00	0,02	0,53
SEAT	7,44	173,29	0,09	0,09	0,70	16,23
SKODA	7,27	173,33	0,02	0,02	0,14	3,38
SUBARU	8,84	207,40	0,00	0,00	0,02	0,37
SUZUKI	9,10	220,00	0,01	0,01	0,10	2,51
TOYOTA	5,76	135,00	0,05	0,06	0,33	7,63
VOLKSWAGEN	7,94	186,36	0,08	0,09	0,69	16,28
VOLVO	8,02	188,20	0,01	0,01	0,07	1,72
Promedio	7,81	183,41		Resultado corregido	7,84	185,21



Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Tabla A.2.9: Consumo de gasoil y emisiones CO₂ para turismos de 12<P_r<16 (Fuente: Elaboración propia)

Fabricante	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)	Cuota mercado	Cuota segmento	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)
Alfa Romeo	5,50	154,14	0,00	0,00	0,03	0,75
AUDI	5,44	143,25	0,04	0,04	0,24	6,19
BMW	5,26	137,86	0,04	0,04	0,20	5,37
Chevrolet	6,57	173,83	0,02	0,02	0,12	3,29
CHRYSLER	6,57	175,00	0,00	0,00	0,01	0,31
CITROEN	5,98	161,80	0,09	0,09	0,55	14,93
DODGE	6,27	166,33	0,00	0,00	0,01	0,38
FIAT	6,28	165,50	0,02	0,02	0,15	3,93
FORD	5,70	151,27	0,09	0,09	0,53	13,97
HONDA	5,73	151,33	0,02	0,02	0,10	2,76
HYUNDAI	6,68	176,20	0,02	0,02	0,13	3,31
JEEP	6,60	178,50	0,00	0,00	0,02	0,43
KIA	6,80	176,83	0,02	0,02	0,13	3,37
LANCIA	6,55	166,75	0,00	0,00	0,02	0,52
LAND ROVER	9,23	245,33	0,00	0,00	0,04	1,14
LEXUS	6,30	165,00	0,00	0,00	0,01	0,38
MAZDA	5,84	154,25	0,01	0,01	0,07	1,92
MERCEDES	5,51	144,86	0,03	0,03	0,18	4,80
MITSUBISHI	6,64	175,43	0,01	0,01	0,05	1,22
NISSAN	7,87	208,00	0,03	0,03	0,27	7,12
OPEL	5,86	153,90	0,07	0,07	0,40	10,57
PEUGEOT	6,25	163,50	0,09	0,09	0,56	14,65
RENAULT	6,57	171,58	0,09	0,09	0,61	15,86
SAAB	5,77	152,33	0,00	0,00	0,01	0,38
SEAT	5,62	148,18	0,09	0,09	0,51	13,37
SKODA	6,04	158,70	0,02	0,02	0,11	2,99
SSANYONG	7,95	203,00	0,00	0,00	0,03	0,76
SUBARU	6,23	164,33	0,00	0,00	0,01	0,28
SUZUKI	6,60	174,00	0,01	0,01	0,07	1,91
TOYOTA	5,63	148,67	0,05	0,05	0,31	8,09
VOLKSWAGEN	5,77	151,53	0,08	0,08	0,49	12,76
VOLVO	5,68	150,00	0,01	0,01	0,05	1,32
Promedio	6,07	159,99	Resultado corregido		6,03	159,06



Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Tabla A.2.10: Consumo de gasolina y emisiones CO₂ para turismos de 16<P_f<20 (Fuente: Elaboración propia)

Fabricante	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)	Cuota mercado	Cuota segmento	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)
AUDI	9,56	222,63	0,04	0,10	0,96	22,27
BMW	8,90	208,32	0,04	0,09	0,80	18,78
Chevrolet	9,30	223,00	0,02	0,04	0,41	9,78
FORD	9,67	231,00	0,09	0,21	2,07	49,37
HYUNDAI	9,90	239,00	0,02	0,04	0,43	10,38
KIA	10,03	239,00	0,02	0,04	0,44	10,55
LEXUS	9,50	223,00	0,00	0,01	0,05	1,20
MERCEDES	9,84	229,57	0,03	0,08	0,75	17,60
OPEL	10,90	256,00	0,07	0,16	1,73	40,70
PORSCHE	8,80	203,50	0,00	0,00	0,02	0,57
SAAB	10,60	244,00	0,00	0,01	0,06	1,39
VOLKSWAGEN	8,20	193,00	0,08	0,19	1,60	37,60
VOLVO	9,36	233,75	0,01	0,02	0,19	4,76
Promedio	9,37	221,65		Resultado corregido	9,52	224,94

Tabla A.2.11:Consumo de gasoil y emisiones CO₂ para turismos de 16<P_f<20(Fuente:Elaboración propia)

Fabricante	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)	Cuota mercado	Cuota segmento	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)
Alfa Romeo	6,80	208,00	0,00	0,01	0,05	1,59
AUDI	7,12	187,55	0,04	0,07	0,48	12,73
BMW	7,10	183,21	0,04	0,06	0,43	11,20
CHRYSLER	8,57	213,33	0,00	0,00	0,02	0,60
CITROEN	7,40	195,00	0,09	0,14	1,07	28,25
DODGE	8,60	228,00	0,00	0,00	0,03	0,81
HYUNDAI	9,40	249,00	0,02	0,03	0,28	7,34
JEEP	9,50	250,80	0,00	0,00	0,04	0,94
KIA	7,80	206,00	0,02	0,03	0,23	6,17
LAND ROVER	9,57	252,33	0,00	0,01	0,07	1,84
MERCEDES	8,25	217,64	0,03	0,05	0,43	11,32
MITSUBISHI	8,10	214,00	0,01	0,01	0,09	2,34
NISSAN	9,40	248,00	0,03	0,05	0,51	13,33
PEUGEOT	7,80	206,00	0,09	0,14	1,10	28,98
PORSCHE	7,40	195,00	0,00	0,00	0,01	0,37
RENAULT	7,20	192,00	0,09	0,15	1,04	27,86
SSANYONG	8,70	227,00	0,00	0,01	0,05	1,33
TOYOTA	8,10	214,00	0,05	0,09	0,69	18,29
VOLKSWAGEN	7,40	195,00	0,08	0,13	0,98	25,77
VOLVO	6,98	182,00	0,01	0,01	0,10	2,51
Promedio	7,87	206,92		Resultado corregido	7,71	203,57



Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Tabla A.2.12: Consumo de gasolina y emisiones CO₂ para turismos de P_f>20 (Fuente: Elaboración propia)

Fabricante	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)	Cuota mercado	Cuota segmento	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)
AUDI	10,98	260,58	0,04	0,08	0,87	20,71
BMW	12,37	289,45	0,04	0,07	0,89	20,73
Chevrolet	11,50	264,00	0,02	0,03	0,40	9,20
FERRARI	16,30	372,75	0,00	0,00	0,00	0,05
HYUNDAI	9,90	235,00	0,02	0,03	0,34	8,11
KIA	10,90	258,00	0,02	0,04	0,38	9,05
LAND ROVER	14,90	348,00	0,00	0,01	0,13	2,98
LEXUS	9,79	230,00	0,00	0,00	0,04	0,98
MASERATI	15,32	358,40	0,00	0,00	0,00	0,05
MERCEDES	12,45	293,29	0,03	0,06	0,76	17,87
NISSAN	11,33	271,00	0,03	0,06	0,71	17,07
OPEL	11,60	278,00	0,07	0,13	1,47	35,12
PORSCHE	11,09	258,53	0,00	0,00	0,02	0,57
RENAULT	11,10	241,50	0,09	0,17	1,89	41,06
SKODA	10,00	238,00	0,02	0,03	0,35	8,24
SUBARU	10,00	232,00	0,00	0,00	0,03	0,73
TOYOTA	12,60	298,00	0,05	0,10	1,26	29,83
VOLKSWAGEN	9,73	229,00	0,08	0,15	1,51	35,45
VOLVO	12,10	284,00	0,01	0,02	0,20	4,59
Promedio	11,95	280,36	Resultado corregido		11,25	262,41

Tabla A.2.13: Consumo de gasoil y emisiones CO₂ para turismos de P_f>20 (Fuente: Elaboración propia)

Fabricante	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)	Cuota mercado	Cuota segmento	Consumo (l/100km)	Emisión CO ₂ (g/km)
AUDI	9,60	253,00	0,04	0,20	1,89	49,79
LAND ROVER	11,15	279,50	0,00	0,02	0,24	5,92
MERCEDES	10,43	275,33	0,03	0,15	1,57	41,53
TOYOTA	10,20	270,00	0,05	0,25	2,53	66,92
VOLKSWAGEN	9,10	239,00	0,08	0,38	3,49	91,61
Promedio	10,17	265,30	Resultado corregido		9,72	255,78

Con los resultados de las tablas anteriores, y teniendo en consideración que según el informe “European motor vehicle parc 2008” (ACEA, 2010), la tasa de turismos que utilizaban gasolina en España en 2008 era del 51,2% y del 48,8% para los que utilizaban gasoil, se ha generado la tabla A.2.14 y la A.2.15 donde se indica que un vehículo tipo de Zaragoza tiene un consumo de energía en 217,31 MJ cada 100km, y que emite 159,68 en g/km de CO₂.



Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Tabla A.2.14: Resumen consumo de energía turismos en Zaragoza (Fuente: Elaboración propia)

		Nº vehículos según combustible		Consumo x vehículo l/100km		Consumo x vehículo MJ/100km		MJ/100km
Segmento	Nº	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Media
DE MENOS DE 8 CABALLOS FISCALES	2557	1309	1248	4,83	3,40	162,29	124,50	143,85
DE 8 HASTA 11,99 CABALLOS FISCALES	102128	52290	49838	6,32	4,58	212,31	167,55	190,47
DE 12 HASTA 15,99 CABALLOS FISCALES	121393	62153	59240	7,84	6,03	263,46	220,81	242,64
DE 16 HASTA 19,99 CABALLOS FISCALES	15289	7828	7461	9,52	7,71	319,76	282,26	301,46
DE MAS DE 20 CABALLOS FISCALES	3483	1783	1700	11,25	9,72	377,90	355,75	367,09
Total	244850	125363	119487					225,29

Tabla A.2.15: Resumen emisión CO₂ turismos en Zaragoza (Fuente: Elaboración propia)

		Nº vehículos según combustible		Emisión CO ₂ g/km		g/km
Segmento	Nº	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Media
DE MENOS DE 8 CABALLOS FISCALES	2557	1309	1248	113,51	89,00	101,55
DE 8 HASTA 11,99 CABALLOS FISCALES	102128	52290	49838	148,72	119,31	134,37
DE 12 HASTA 15,99 CABALLOS FISCALES	121393	62153	59240	185,21	159,06	172,45
DE 16 HASTA 19,99 CABALLOS FISCALES	15289	7828	7461	224,94	203,57	214,51
DE MAS DE 20 CABALLOS FISCALES	3483	1783	1700	262,41	255,78	259,17
Total	244850	125363	119487			159,68



El cálculo de la energía contenida en un litro de combustible se ha realizado teniendo en cuenta las conversiones de la tabla A.2.1 y los características de los combustibles especificadas en el “REAL DECRETO 1700/2003, de 15 de diciembre, por el que se fijan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo, y el uso de biocarburantes”. Para el cálculo reflejado en la tabla A.2.16 se han seleccionado las densidades intermedias establecidas en la normativa citada anteriormente.

Tabla A.2.16: Cálculo de energía según de combustible (Fuente: Elaboración propia)

	t/m ³	tep/t	tep/l	MJ/l
Gasolina	0,750	1,070	0,0008025	33,5991
Gasóleo	0,845	1,035	0,000874575	36,6167



3 – Costes energéticos del ciclo de vida de los turismos

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica sobre análisis del ciclo de vida en vehículos para poder calcular la energía asociada al padrón actual de la ciudad de Zaragoza. Los estudios que a continuación se han descrito se centran en los turismos que forman el grupo predominante en el padrón.

El primer estudio fue utilizado ya en Moreno (1998), y es el realizado por Estevan y Sanz (1994). Este estudio valora la energía contenida en los materiales de fabricación y el coste de ensamblaje del vehículo. El estudio se centraba en un turismo tipo de 986 kg. Los datos se pueden ver en la tabla A.2.17.

Tabla A.2.17: Costes energéticos de la fabricación de un turismo (Elaboración propia. Fuente: Estevan y Sanz (1994))

Energía contenida en los materiales de fabricación				
Materiales	% en peso sobre el total del turismo tipo	Energía contenida (MJ/kg)	MJ /vehículo	tep /vehículo
Acero normal	59,4	53,8	31509,80	0,753
Acero especial	9,4	57	5282,99	0,126
Aluminio	3,2	293	9244,74	0,221
Polipropileno	3,6	73	2591,21	0,062
ABS	0,7	84	579,77	0,014
PVC	2,5	80	1972,00	0,047
Otros plásticos	1,9	80	1498,72	0,036
Poliuretanos	1,1	128	1388,29	0,033
Caucho	4,5	27,7	1229,05	0,029
Vidrio	3,4	86,5	2899,83	0,069
Fluidos y otros	10,3	79,6	8084,02	0,193
Total	100		66280,40	1,583
Peso turismo tipo en 1992 (kg)	986			
Energía consumida en el montaje				
		MJ/vehículo	tep /vehículo	
Consumo en montaje	16,22% de la energía contenida en los materiales	10750,681	0,257	
Energía consumida en el ciclo de fabricación				
		MJ /vehículo	tep /vehículo	
Total por turismo tipo de 986kg		77031,08	1,840	



El siguiente estudio que se ha utilizado es el realizado por Zamel y Li (2006) sobre “*Life cycle comparison of fuel cell vehicles and internal combustion engine vehicles for Canada and the United States*” (ver tabla A.2.18).

Tabla A.2.18: Costes energéticos ACV turismo (Elaboración propia. Fuente: Zamel y Li (2006)

Energía contenida en los materiales de fabricación				
	kJ/kg	kg/ vehículo	MJ/vehículo	tep /vehículo
Materiales ferrosos	39400	886	34908,4	0,834
Cobre	100000	9	900	0,021
Zinc	53000	7	371	0,009
Plomo	41100	10	411	0,010
Aluminio	192500	81	15592,5	0,372
Magnesio	284000	10	2840	0,068
Vidrio	25500	35	892,5	0,021
Fluidos	62733	54	3387,582	0,081
Caucho	67600	54	3650,4	0,087
Plásticos	200040	100	20004	0,478
Otros	138163	78	10776,714	0,257
Total		1324	93734,096	2,239
Energía consumida en el montaje				
	kJ/kg	MJ/kg	MJ/vehículo	tep /vehículo
Consumo del montaje	de 17,4MJ/kg a 22,1MJ/kg	19,2	25420,8	0,607
Energía consumida en la distribución				
	J/kg*km	km	MJ/vehículo	tep /vehículo
	600	1600	1271,04	0,030
Energía consumida en reciclaje o eliminación				
	kJ/kg	MJ/vehículo	tep /vehículo	
	370	489,88	0,012	
Energía ACV sin contar la utilización				
		MJ/vehículo	tep /vehículo	
		120915,82	2,888	



El tercer estudio que ha sido utilizado es el de Hakamada et al. (2007) denominado “*Life cycle inventory study on magnesium alloy substitution in vehicles*”. Éste analiza los costes de la sustitución del acero de un turismo por otros materiales en Japón teniendo en cuenta todo el ciclo de vida del vehículo (ver tabla A.2.19).

Tabla A.2.19: Costes energéticos ACV turismo (Elaboración propia. Fuente: Hakamada et al.(2007)

Energía consumida en la fabricación de los materiales				
	kJ/kg	kg/vehículo	MJ/vehículo	tep /vehículo
Acero laminado	33700	810	27297	0,652
Metales sin Fe			5200	0,124
Plásticos		404	3500	0,084
Otros			5500	0,131
Total		1214	41497	0,991
Energía consumida en la fabricación de componentes				
Neumáticos y tubos			1550	0,037
Baterías			400	0,010
Ventanas			340	0,008
Otros			9110	0,218
Total		1214	11400	0,272
Energía consumida en el montaje				
		MJ/kg	MJ/vehículo	tep /vehículo
Consumo del montaje			8630	0,206
Energía consumida en la distribución				
			MJ/vehículo	tep /vehículo
			6600	0,158
Energía consumida en reciclaje o eliminación				
			MJ/vehículo	tep /vehículo
			700,00	0,017
Energía ACV sin contar la utilización				
			MJ/vehículo	tep /vehículo
			68827,00	1,644



Existen importantes diferencias en los resultados de los tres estudios que indican que el sistema japonés es más eficiente energéticamente. En la tabla A.2.20 se ha realizado una comparativa de los diferentes estudios excluyendo los costes de utilización del vehículo. Otro dato de interés es el importante aumento de peso registrado en los estudios respecto a Estevan y Sanz (1994). Esto refleja que a pesar de haberse producido mejoras tecnológicas en la última década que han contribuido a la reducción de peso en relación a la potencia de los vehículos, las tendencias sociales han impulsado un aumento de potencia en los vehículos como hemos visto en la tabla A.2.17, con el consiguiente aumento de peso.

Tabla A.2.20: Comparativa de costes energéticos de ACV por kg de turismo (Elaboración propia.)

Estudio	Estevan y Sanz (1994)	Zamel y Li (2006)	Hakamada et al. (2007)
kg/vehículo	986	1324	1214
MJ/kg	78,12	91,33	56,69
MJ/vehículo	77031,08	120915,82	68827,00
tep/vehículo	1,840	2,888	1,644

Teniendo en cuenta que Japón es el principal país que importa vehículos a la UE y que los EEUU se encuentran entre los seis primeros (ver tabla A.2.21.), se ha considerado que los estudios son aplicables para realizar una estimación de los costes energéticos de fabricación de turismos.

Tabla A.2.21: Origen de la importación de turismos a la UE (Fuente: European Motor Vehicle Parc 2008. ANFAC, 2010)

	2007	2008	2009	% chg 09/08	% chg 08/07	% chg 09/07	% share in 2009
World	3,437,676	3,004,033	2,273,745	-24.3%	-12.6%	-33.9%	100.0%
Japan	965,891	867,496	643,155	-25.9%	-10.2%	-33.4%	28.3%
South Korea	651,335	446,552	350,259	-21.6%	-31.4%	-46.2%	15.4%
Turkey	385,727	411,567	313,660	23.8%	6.7%	-18.7%	13.8%
India	119,630	99,540	265,558	166.8%	-16.8%	122.0%	11.7%
China	392,926	303,698	177,783	-41.5%	-22.7%	-54.8%	7.8%
United States	460,222	371,967	174,461	-53.1%	-19.2%	-62.1%	7.7%
Mexico	152,007	183,650	116,291	-36.7%	20.8%	-23.5%	5.1%
Taiwan	122,466	136,739	73,854	-46.0%	11.7%	-39.7%	3.2%
Brazil	63,798	53,084	47,216	-11.1%	-16.8%	-26.0%	2.1%
South Africa	3,913	20,520	31,308	52.6%	424.4%	700.1%	1.4%

Con los resultados de los tres estudios se ha realizado la media. Así, se ha obtenido que el coste energético medio resultante del ACV de un turismo sin incluir el uso es de 2,115 tep como se muestra en la tabla A.2.22.



Tabla A.2.22: Costes energéticos de ACV sin incluir uso de un turismo tipo (Elaboración propia.)

Peso medio (kg/vehículo)	1174,667
Energía media (MJ/kg)	75,382
Energía media resultante (MJ/vehículo)	88548,476
Energía media resultante (Tep/vehículo)	2,115

El estudio realizado está de acuerdo con el de Zabalza (2010) donde el coste de fabricación obtenido de un turismo es de 2,064 tep. Con los resultados de la tabla A.2.22, se ha obtenido que los costes del ciclo de vida de los turismos reflejados en el padrón de Zaragoza de 2010, es de 517844,04 tep.

4 – Energía utilizada en la tracción de los vehículos

Para realizar el cálculo de la energía utilizada en la tracción se ha necesitado:

- Número de viajes por tipo de día y medio de transporte.
- Duración media del viaje por medio de transporte en min.
- Velocidad media del tráfico por tipo de transporte.
- Energía de tracción por medio de transporte por ud. de energía por km.

Los primeros 3 datos se extraen del capítulo 3 de la memoria o del Anexo 1.

La energía de tracción por medio de transporte se ha obtenido de diferentes fuentes. Para el caso de los autobuses se ha utilizado el valor de la tabla A.2.23 que indica para cada medio de transporte el gasto energético expresado en MJ. La tabla también compara los distintos medios respecto al consumo supuesto por la bicicleta. El resto de valores de la tabla no se han utilizado porque no tienen una correspondencia con la clasificación de padrón de vehículos.

Tabla A.2.23: Gasto energético según vehículo (Fuente: Plan director de la bicicleta de Zaragoza)

Modo	Gasto energético*	Índice relativo
Bicicleta	0,06	1
A Pie	0,16	2,7
Tren Cercanías	0,35	5,8
Autobús urbano	0,58	9,7
AVE	0,62	10
Coche diesel > 1.4	2,26	38
Coche gasolina > 1.4	2,61	43
Coche diesel 1.4 - 2.0	2,76	46
Coche gasolina 1.4 - 2.0	2,98	50
Coche diesel > 2.0	3,66	61
Coche gasolina > 2.0	4,66	78
Avión Boeing 727	2,89	48

* En millones de Joules de energía primaria por viajero - kilómetro



Como dato de gasto energético para turismos se ha utilizado el valor calculado en el apartado 2. En el caso de las motocicletas se ha utilizado 1,13 MJ/km, éste se ha obtenido de Moreno (1998).

Para el caso de los vehículos comerciales o camiones se ha utilizado la tabla A.2.24, que establece los consumos para diferentes tipos de camiones en función de la carga y del tipo de distribución. Estos datos sí se han podido relacionar con el padrón de vehículos y se ha obtenido un consumo medio de 494,67MJ/km para un camión tipo.

Tabla A.2.24 Consumos de combustible de camiones (Fuente: European Motor Vehicle Parc 2008 (ANFAC, 2010))

TRANSPORT EFFICIENCY IS ALSO: PICKING THE MOST APPROPRIATE VEHICLE FOR THE JOB							SOURCE: VOLVO
GCW/GVW* tonne	Load Capacity tonne	Distance km	Fuel Consumption l/100km	l/100tonnekm at 100% utilisation	normal utilisation	l/100tonnekm considering normal utilisation	
LONG DISTANCE							
26	17	100	25	1700	14.7	70%	21.0
40	25	100	32	2500	12.8	70%	18.3
60	40	100	43	4000	10.8	70%	15.4
URBAN DISTRIBUTION							
3.5	1.5	100	12	150	80.0	45%	177.8
7.5	4	100	15	400	37.5	45%	83.3
12	7.2	100	19	720	26.4	45%	58.6
18	11	100	22	1100	20.0	45%	44.4

*Gross Combination Weight (Long Distance) / Gross Vehicle Weight (Urban Distribution)

De los datos recogidos en la encuesta de Movilidad de 2007 se han eliminado todos los que hacen referencia a desplazamientos sin vehículo a motor. El resto de tipos de desplazamiento se han agrupado según tipología de vehículo (ver tabla A.2.25).



Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Tabla A.2.25: Reparto modal etapas transporte (Elaboración propia, fuente: Ayto. Zaragoza, 2008))

Modo de transporte	Día laborable	Día fin de semana
Mun. Zgz	Mun. Zgz	
Autobús urbano	345997	272676
Autobús barrio/rural	10934	8617
Otros buses	10839	8542
Taxi	12911	10175
Coche conductor	363455	286435
Coche acompañante	94931	74814
Moto conductor	29077	22915
Moto acompañante	1442	1136
Furgoneta/camión	6592	5195
Autocar de empresa	27020	21294
Autocar escolar	12260	9662
Ambulancia	196	154
Autocar	615	485
Tractor	154	121
Transporte adaptado	170	134
Coche empresa	479	377
Autobús inauguración Ikea	235	185
Etapas despreciados	755	595
Porcentaje etapas despreciadas (%)	0,08	0,08

Con los datos mencionados anteriormente se ha realizado el cálculo del consumo diario para los distintos tipos de vehículos en función del tipo de día. Esto se expone en las tablas A.2.27 y A.2.28

Tabla A.2.27: Cálculo energía consumida según vehículo para día laborable (Fuente: elaboración propia)

Laborable	Taxi	Coche	Moto	Fur./camión	Autobús
Medio de transporte	Taxi	Coche	Moto	Fur./camión	Autobús
Nº desplazamiento por día	12911	458865	30519	6592	407665
Energía de tracción por viajero por km (MJ)	2,25	2,25	1,13	4,95	0,58
Duración media de los viajes (min)	12,7	23,5	23,5	23,5	27,5
Velocidad en (km/h)	23,10	23,10	23,10	26,50	13,90
Energía de tracción diaria por tipo vehículo (MJ)	142223,37	9353198,86	310980,66	338453,41	1506356,15
Energía de tracción diaria por tipo vehículo (tep)	3,397	223,397	7,428	8,084	35,979



Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Tabla A.2.28: Cálculo energía consumida según vehículo para día fin de semana (Fuente: elaboración propia)

Fin de semana					
Medio de transporte	Taxi	Coche	Moto	Fur./camión	Autobús
Nº desplazamiento por día	10175	361626	24052	5195	321276
Energía de tracción por viajero por Km (MJ)	2,25	2,25	1,13	4,95	0,58
Duración media de los viajes (min)	12,7	23,5	23,5	23,5	27,5
Velocidad en (km/h)	23,10	23,10	23,10	26,50	13,90
Energía de tracción diaria por tipo vehículo (MJ)	112084,65	7371151,35	245080,38	266731,34	1187142,42
Energía de tracción diaria por tipo vehículo (tep)	2,677	176,057	5,854	6,371	28,354

Tras determinar el consumo diario se han realizado los cálculos para otras escalas temporales como se muestra en la tabla A.2.29.

Tabla A.2.29: Cálculo energía consumida según vehículos en tep (Fuente: elaboración propia)

Escala temporal	Taxi	Coche	Moto	Fur./camión	Autobús	Total
Consumo semanal	22,34	1469,10	48,85	53,16	236,60	1830,05
Consumo mensual	96,80	6366,10	211,66	230,36	1025,28	7930,21
Consumo anual	1161,62	76393,22	2539,97	2764,35	12303,32	95162,49
%	1,22	80,28	2,67	2,90	12,93	100

Como dato de control se han cotejado los resultados con el consumo anual de 2009 de los autobuses de TUZSA¹, que fue aproximadamente de 15.000m³ de combustible, lo que representa 13118,62 tep. Hay que recordar que los datos utilizados en el cálculo son de 2007 por lo que es normal que no coincidan aunque sí se acercan lo suficiente para considerar por válido el cálculo.

¹ Fuente: Servicio de Movilidad del Ayuntamiento de Zaragoza, julio 2010



Anexo III



1 Introducción

En el presente anexo¹ se han descrito las infraestructuras viarias de la ciudad de Zaragoza y el procedimiento detallado de la cuantificación de los materiales y de la energía utilizada en su construcción, operación y mantenimiento.

La estructura viaria de Zaragoza tiene forma radial como se aprecia en la figura A.3.1 y está formada por:

- cuatro cinturones urbanos o vías concéntricas
- vías convergentes al núcleo o radiales, que realizan la conexión entre los cinturones existentes.
- ejes transversales o locales, mediante los cuales se realiza la conexión entre las zonas de la ciudad.

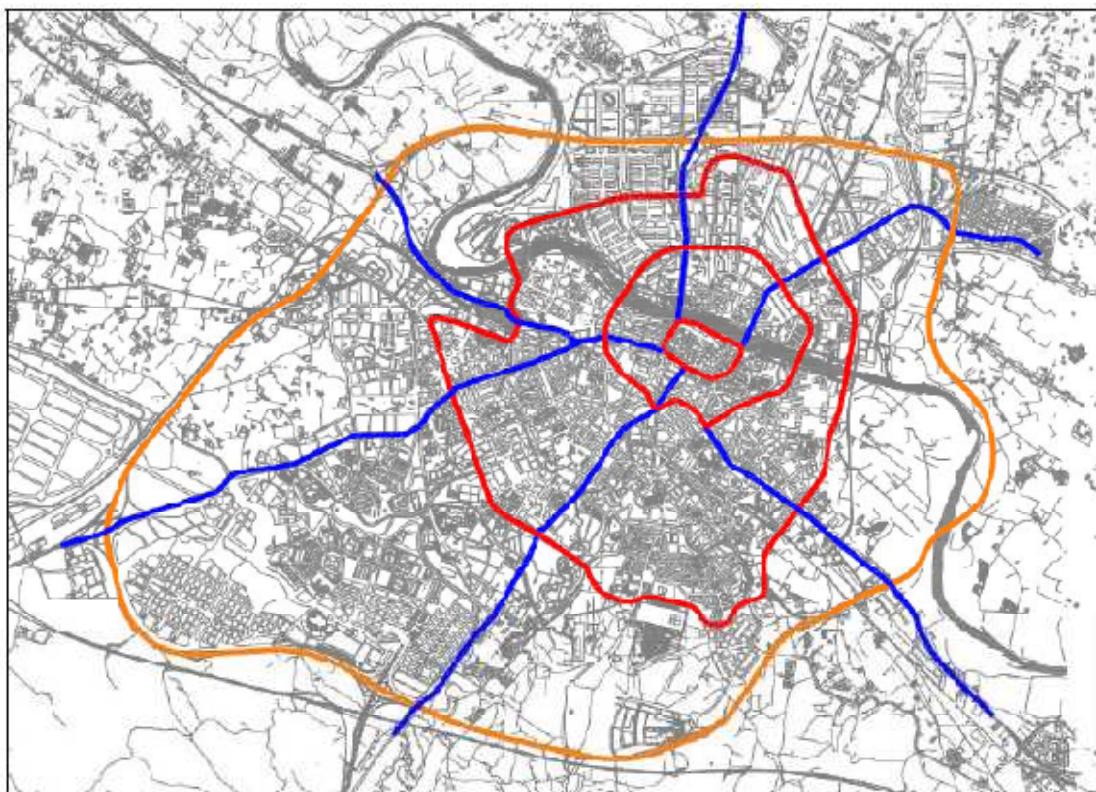


Figura A.3.1: Vista de la estructura vial principal de Zaragoza (Fuente: Plan director de la bicicleta de Zaragoza, (Ayto. Zaragoza, 2010))

¹ La descripción de la estructura vial se ha basado en lo recogido en el capítulo 6 del “Plan director de la bicicleta de Zaragoza” (Ayto. Zaragoza, 2010)



Los cinturones son viales articuladores del tráfico, toman forma concéntrica respecto al núcleo urbano pretendiendo evitar concentraciones de tráfico en el centro de la ciudad. Los cuatro cinturones son:

- El primer cinturón está formado por las vías de: El Coso/Paseo Echegaray y Caballero/Avenida César Augusto. Este primer anillo totalmente embebido en el núcleo urbano de Zaragoza, gestiona la distribución del tráfico en el casco antiguo de Zaragoza. Únicamente discurre por la margen derecha del Río Ebro.
- El segundo cinturón se considera compuesto por: Camino de las Torres/ Puente de la Unión/Calle del Marqués de Cadena/Calle del Valle de Broto/Puente de la Almozara /Paseo de María Agustín/Anselmo Clavé/Paseo de Goya/Tenor Fleta. Este segundo anillo se forma a través de las calles urbanas existentes. Permite la conexión entre las dos márgenes del río Ebro.
- El tercer cinturón, (Z-30) formado por: La Avenida de Navarra/la Vía Hispanidad /Ronda Hispanidad (3er cinturón Z-30)/Calle del Alcalde Francisco Caballero y Calle del pintor Pablo Ruiz Picasso/ Puente del tercer milenio/, Avenida Francia Ha sido puesto en servicio en el año 2.008.
- El cuarto cinturón (Z-40), es el más externo al núcleo de Zaragoza, y tiene carácter interurbano. Está compuesto en parte por las autovías A-2/E90, A-23, y A68.

Los ejes radiales, convergentes desde el exterior hacia el centro del núcleo constituyen el soporte principal para la conexión entre las propias vías de circunvalación. Además, estas vías actúan, en ocasiones, como viarios de transición entre el tráfico interurbano y el urbano, uniendo la importante red de carreteras nacionales, autopistas, y autovías que incurren en Zaragoza.

Los ejes radiales son:

- Avenida de Cataluña/ Avenida Puente del Pilar/ Puente de Hierro. Recorre longitudinalmente los barrios de la Jota y Cogullada. Enlaza el puente de de Hierro prácticamente con la AP2/E –90.
- Calle Miguel Servet/ Avenida Cesáreo Alierta/ Constitución. Realiza la unión de la Carretera de Castellón, hasta la Plaza Paraíso, en el centro de la Ciudad.



- Carretera de Valencia/Vía Ibérica/Isabel la Católica/Paseo de Fernando el Católico/ Pº Gran Vía/ Pº de la Independencia. Une la carretera de Valencia N-330, desde el cuarto cinturón (Z-40) hasta la plaza de España situada en la zona centro de la ciudad.
- Avenida de Madrid/ Avenida de Navarra/ Pº María Agustín/ Paseo Pamplona. La primera conecta con la autovía de Madrid, mientras que la segunda conecta con la de Logroño, hasta llegar a la Plaza Paraíso en el centro del núcleo urbano.
- Carretera de Huesca/ Avenida de los Pirineos. Vial que atraviesa el Actur, une la AP-2 y la A-23, y que cruzando por el puente de Santiago enlaza con el centro histórico de Zaragoza.

Los barrios de Zaragoza se comunican entre sí a través de los denominados ejes transversales o locales, que constituyen los viales convergentes a las rondas mencionadas y que completan la red mediante la cual se realiza la comunicación local.

La caracterización de este viario, está condicionada por el cruce del río Ebro, y por tanto la movilidad se ve limitada a realizarse a través de los puentes que unen sus márgenes. Además mediante estos puentes se unen los barrios situados al norte con los situados al sur del Ebro. Los puentes existentes que permiten el tránsito de vehículos motorizados son:

- o Puente del tercer Milenio
- o Puente de la Almozara
- o Puente de Santiago
- o Puente del Pilar o Puente de Hierro
- o Puente de la Unión
- o Puente de Manuel Jiménez Abad
- o Puente del Cuarto Cinturón

2 – Firmes tipo y superficie viaria

Como se ha indicado en el capítulo 4 de la memoria, la ciudad de Zaragoza dispone de 14 tipos de firme en función del tráfico y de los materiales utilizados para su construcción. Para el cálculo se han escogido los tipos: E-5 (firme tipo medio bajo con base de grava-cemento), E-10 (firme tipo pesado) y el H-1 (pavimento de piedra



natural). Se han catalogado las calles de la ciudad en uno de los tres grupos. En las figuras A.3.2, A.3.3, y A.3.4 se representan las tres secciones mencionadas.

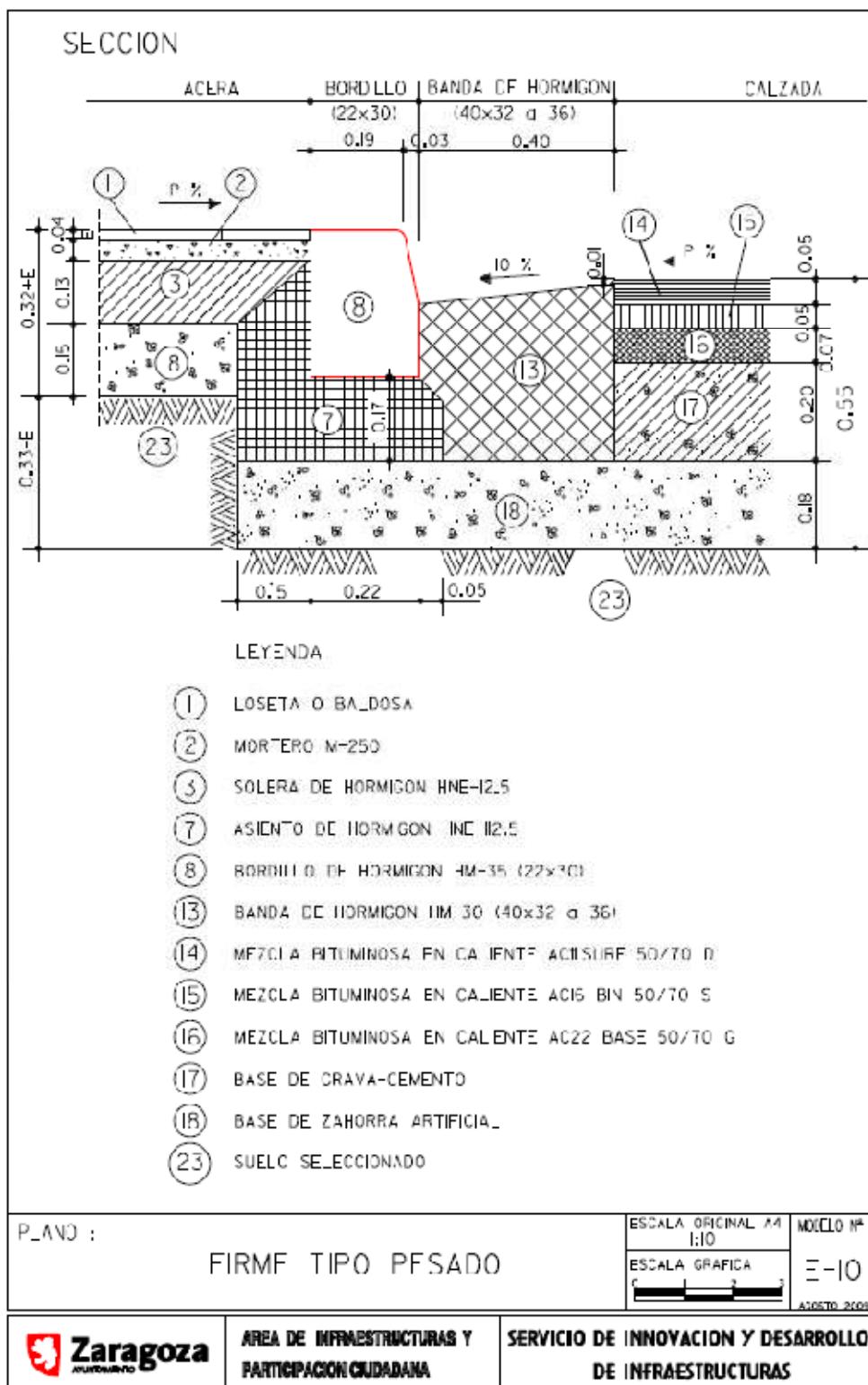


Figura A.3.2: Sección tipo firme pesado E-10 (Fuente: Web Ayuntamiento de Zaragoza, julio 2010)

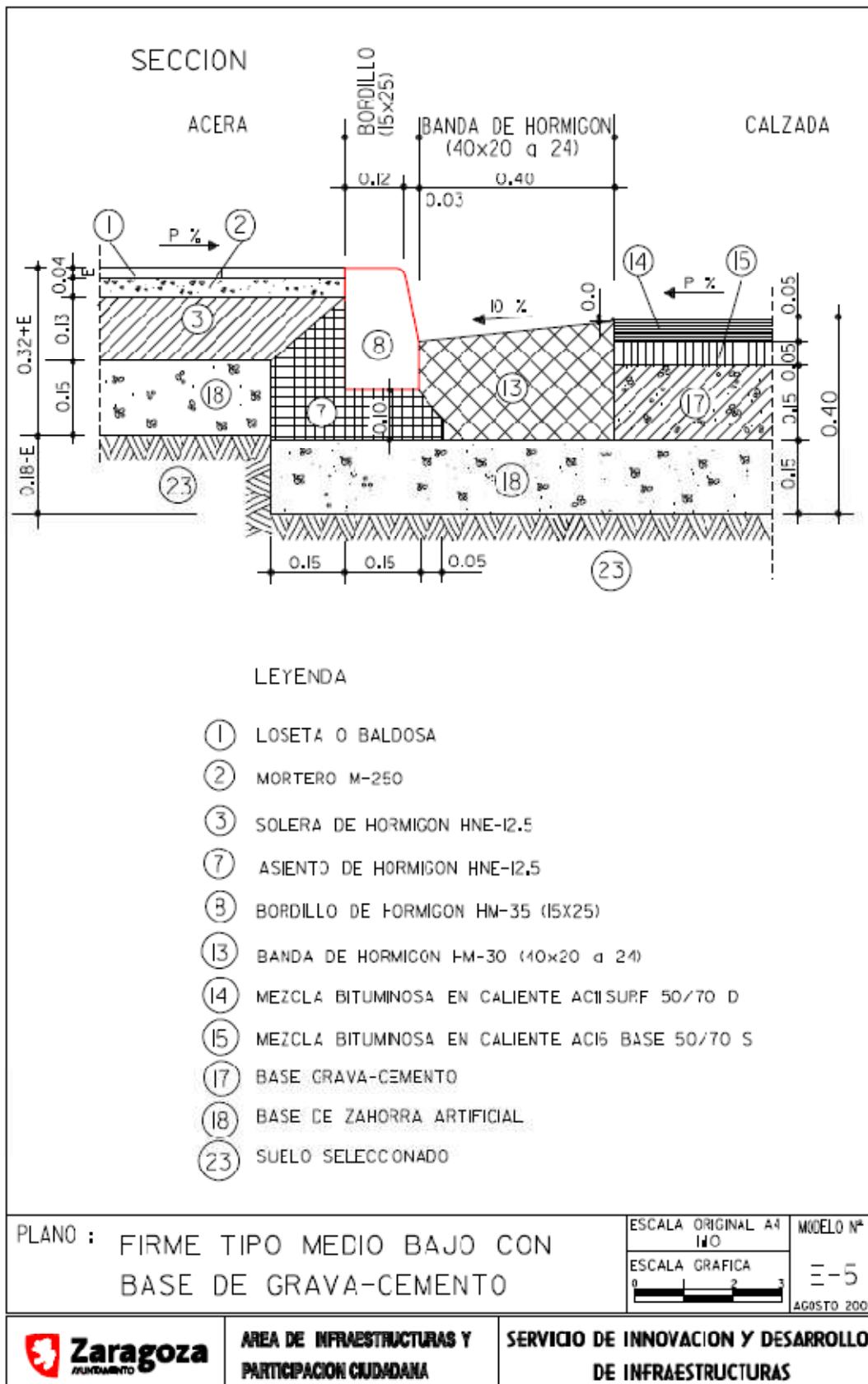


Figura A.3.3: Sección tipo firme medio E-5 (Fuente: Web Ayuntamiento de Zaragoza, julio 2010)

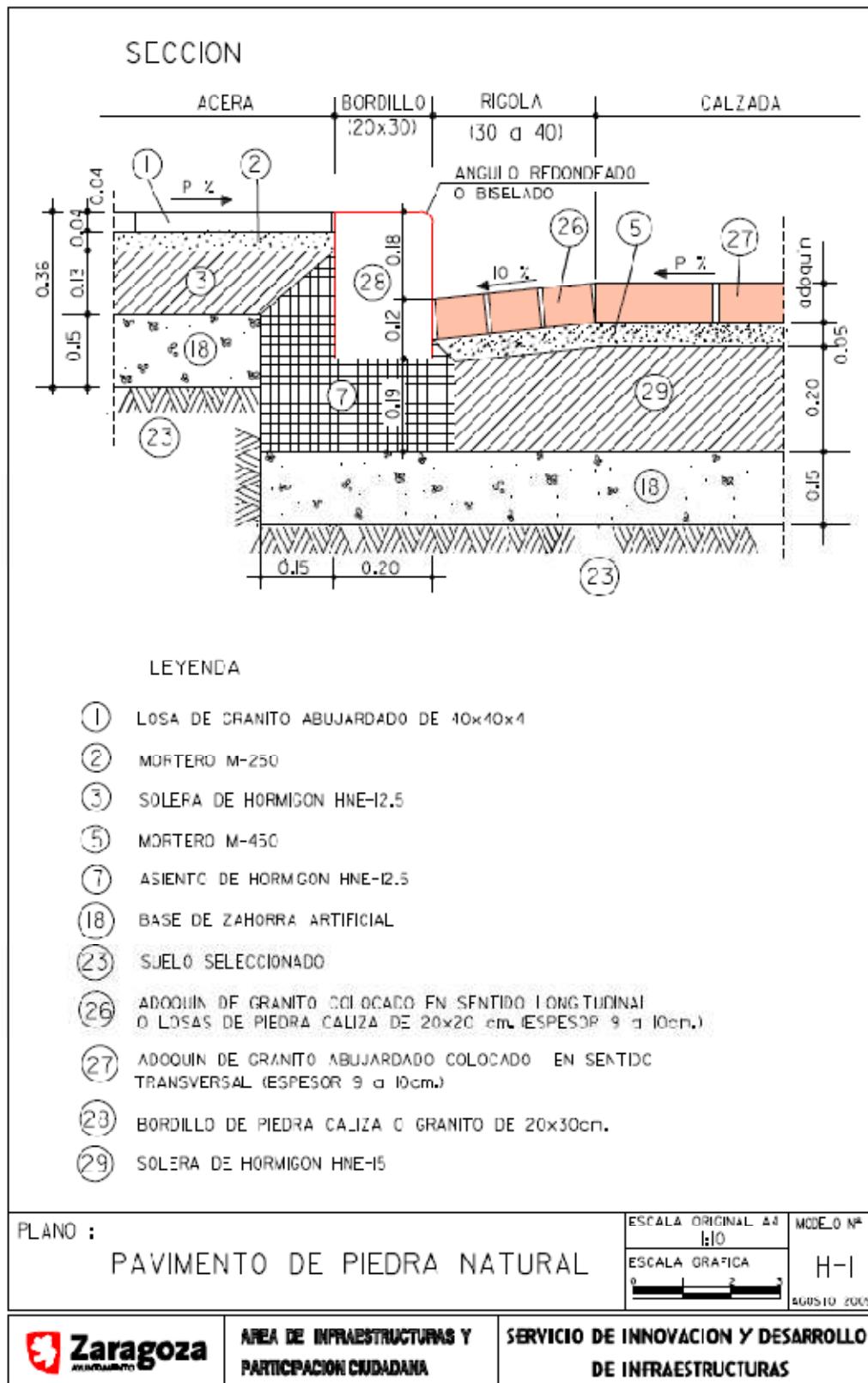


Figura A.3.4: Sección tipo pavimento de piedra natural H-1 (Fuente: Web Ayuntamiento de Zaragoza, julio 2010)



El término municipal de Zaragoza está subdividido en 83 polígonos aunque su numeración llega hasta el 93 (los números 8, 29, 39, 70, 76, 77, 78, 79, 80 y 81 no existen físicamente). Se han realizado mediciones de viales correspondientes a cada polígono utilizando planos en CAD proporcionados por el Área de Información Geográfica del Ayuntamiento de Zaragoza.

De los 83 polígonos existentes se han medido completamente 36. De los 47 restantes se ha procedido a medir un mínimo del 25% de las calles (o un mínimo de 10 por polígono). Al realizar mediciones por polígonos existen calles que pertenecen a 2 o más polígonos, por lo que el número de calles de la tabla A.3.1 no tiene por qué coincidir con el número real de calles.

Tabla A.3.1: Resumen de las mediciones de los viales de Zaragoza (Fuente: elaboración propia mediante planos en CAD del Ayuntamiento de Zaragoza)

Polígonos medidos 100%	36
Polígonos medidos parcialmente	47
Total calles	2066
Calles medidas	1455
Calles tipo E-10	137
Calles tipo E-5	1243
Calles tipo H-1	75
Superficie total medida	12902834
Superficie E-10 total	8323966
Superficie E-10 (vías interurbanas)	2840655
Superficie E-10 (vías urbanas)	5483312
Superficie E-5	4530465
Superficie H-1	48403
Superficie total estimada	3820335
Superficie E-10	0
Superficie E-5	3768705
Superficie H-1	51630
Superficie total (estimada+medida)	16723169
Superficie E-10 total	8323966
Superficie E-5 total	8299170
Superficie H-1 total	100033
Ancho de vial medio E-10 (v. interurbana)	31,6
Ancho de vial medio E-10 (v. urbana)	32,8
Ancho de vial medio E-5	16,5
Ancho de vial medio H-1	7,9



Cada vial ha sido asignando a uno de los tres grupos mencionados anteriormente, aunque se ha establecido un subdivisión extra para las vías de tipo pesado, desagregando entre vías urbanas e interurbanas. En este último subgrupo se ha incluido el cuarto cinturón y la serie de carreteras o vías rápidas que conectan radialmente los distritos urbanos con los distritos rurales de Zaragoza

Una vez calculadas las superficies viarias correspondientes a cada tipo de firme y los anchos medios de los viales y de las calzadas, se han calculado los volúmenes de materiales utilizados en la construcción de las infraestructuras empleando las secciones tipo disponibles en la sección del Área de Infraestructuras de la Web del Ayuntamiento de Zaragoza. En las tabla A.3.2, A.3.3 y A.3.4 se han indicado las fórmulas y los resultados obtenidos para cada tipología de calle. En la tabla A.3.5 se han indicado los materiales para las vías pesadas interurbanas. La sección utilizada no refleja exactamente la realidad pero es la más similar de las disponibles.

Tabla A.3.2: Cálculo de materiales para firme tipo E-10 urbano (Fuente: elaboración propia)

Nº	Elemento	Fórmula	Volumen (m3)
1	Loseta o baldosa	0,02m x (AAM - 0,22m x 2) x LTE	49486,045
2	Mortero M-250	0,04m x (AAM - 0,22m x 2) x LTE	99950,784
3	Solera de hormigón HNE-12.5	(0,13m x (AAM - 0,37m x 2) + 0,0096m2 x 2) x LTE	52282,315
7	Asiento de hormigón HNE-12.5	0,0973m2 x 2 (aceras) x LTE	18210,712
8_p	Bordillo de hormigón HM-35 (22x25)	0,0637m2 x 2 (aceras) x LTE	12408,451
13_p	Banda de hormigón HM-30 (40x32 a 36)	0,1297m2 x 2 (aceras) x LTE	29710,374
14	Mezcla bituminosa en caliente AC11 SURF 50/70 S	0,05m x (ACM - 0,4 x 2) x LTE	139614,928
15	Mezcla bituminosa en caliente AC16 BASE 50/70 S	0,05m x (ACM - 0,4 x 2) x LTE	139614,928
16	Mezcla bituminosa en caliente AC22 BASE 50/70 G	0,07m x (ACM - 0,4 x 2) x LTE	195460,899
17	Base grava-cemento	0,20m x (ACM - 0,4 x 2) x LTE	558459,712
18	Base de zahorra artificial	(0,15m x (AAM - 0,37 x 2) + 0,18 x (AMM + 0,37 x 2)) x LTE	914339,951
Datos utilizados en el cálculo		Valores	
Ancho calzada medio (ACM) (m)		16,78	
Ancho acera media (AAM) (m)		14,60	
Superficie tipo (m2)		5483311,76	
Longitud total equivalente (LTE) (m)		174766,91	



Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza

Tabla A.3.3: Cálculo de materiales para firme tipo E-5 (Fuente: elaboración propia)

Nº	Elemento	Fórmula	Volumen (m3)
1	Loseta o baldosa	0,02m x (AAM - 0,15m x 2) x LTE	67467,166
2	Mortero M-250	0,04m x (AAM - 0,15m x 2) x LTE	134934,333
3	Solera de hormigón HNE-12.5	(0,13m x (AAM - 0,30m x 2) + 0,0096m2 x 2) x LTE	74101,933
7	Asiento de hormigón HNE-12.5	0,0521m2 x 2 (aceras) x LTE	52374,444
8	Bordillo de hormigón HM-35 (15x25)	0,0355m2 x 2 (aceras) x LTE	35687,001
13	Banda de hormigón HM-30 (40x20 a 24)	0,085m2 x 2 (aceras) x LTE	85447,749
14	Mezcla bituminosa en caliente AC11 SURF 50/70 S	0,05m x (ACM - 0,4 x 2) x LTE	218645,710
15	Mezcla bituminosa en caliente AC16 BASE 50/70 S	0,05m x (ACM - 0,4 x 2) x LTE	218645,710
17	Base grava-cemento	0,15m x (ACM - 0,4 x 2) x LTE	655937,131
18	Base de zahorra artificial	0,15m x (Superficie tipo total)	1244875,459
Datos utilizados en el cálculo		Valores	
Ancho calzada medio (ACM) (m)		9,50	
Ancho acera media (AAM) (m)		7,01	
Superficie tipo (m2)		8299169,73	
Longitud total equivalente (LTE) (m)		502633,817	

Tabla A.3.4: Cálculo de materiales para firme tipo H-1 (Fuente: elaboración propia)

Nº	Elemento	Fórmula	Volumen (m3)
1_pi	Losa de granito abujardado de 40x40x4	0,04m x (AAM - 0,30m x 2) x LTE	2159,654
2	Mortero M-250	0,04m x (AAM - 0,30m x 2) x LTE	2159,654
3	Solera de hormigón HNE-12.5	(0,13m x (AAM - 0,45m x 2) + 0,0096m2 x 2) x LTE	6768,053
5	Mortero M-450	0,05m x ACM x LTE	1922,022
7	Asiento de hormigón HNE-12.5	0,0919m2 x 2 (aceras) x LTE	2328,355
18	Base de zahorra artificial	0,15m x (Superficie tipo total)	15004,880
26	Adoquín de granito colocado en sentido longitudinal o losa de piedra caliza de 20x20 cm (espesor de 9 a 10cm)	0,236m2 x 2 (aceras) x LTE	5979,237
27	Adoquín de granito abujardado colocado en sentido transversal (espesor de 9 a 10cm)	0,1m x (ACM - 0,32m x 2) x LTE	3033,301
28	Bordillo de piedra caliza o granito de 20x30cm	0,06m2 x 2 (aceras) x LTE	1520,145
29	Solera de hormigón HNE-15	(0,0529m2 + (0,2 x (ACM - 0,32 x 2))) x LTE	6736,732
Datos utilizados en el cálculo		Valores	
Ancho calzada medio (ACM) (m)		3,03	
Ancho acera media (AAM) (m)		4,86	
Superficie tipo (m2)		100032,53	
Longitud total equivalente (LTE) (m)		12667,88	



Tabla A.3.5: Cálculo de materiales para firme tipo E-10 interurbano (Fuente: elaboración propia)

Nº	Elemento	Fórmula	Volumen (m3)
1	Loseta o baldosa	0,02m x (AAM - 0,22m x 2) x LTE	23461,786
2	Mortero M-250	0,04m x (AAM - 0,22m x 2) x LTE	47426,581
3	Solera de hormigón HNE-12.5	(0,13m x (AAM - 0,37m x 2) + 0,0096m2 x 2) x LTE	24898,955
7	Asiento de hormigón HNE-12.5	0,0973m2 x 2 (aceras) x LTE	9359,564
8_p	Bordillo de hormigón HM-35 (22x25)	0,0637m2 x 2 (aceras) x LTE	6377,438
13_p	Banda de hormigón HM-30 (40x32 a 36)	0,1297m2 x 2 (aceras) x LTE	15269,922
14	Mezcla bituminosa en caliente AC11 SURF 50/70 S	0,05m x (ACM - 0,4 x 2) x LTE	77809,234
15	Mezcla bituminosa en caliente AC16 BASE 50/70 S	0,05m x (ACM - 0,4 x 2) x LTE	77809,234
16	Mezcla bituminosa en caliente AC22 BASE 50/70 G	0,07m x (ACM - 0,4 x 2) x LTE	108932,928
17	Base grava-cemento	0,20m x (ACM - 0,4 x 2) x LTE	311236,937
18	Base de zahorra artificial	(0,15m x (AAM - 0,37 x 2) + 0,18 x (AMM + 0,37 x 2)) x LTE	476933,553
Datos utilizados en el cálculo		Valores	
Ancho calzada medio (ACM) (m)		18,13	
Ancho acera media (AAM) (m)		13,50	
Superficie tipo (m2)		2840654,58	
Longitud total equivalente (LTE) (m)		89823,07	

En la tabla A.3.6 y en la A.3.7 se resumen los resultados obtenidos que muestran los volúmenes teóricos de los materiales principales empleados en la construcción de los viales. Las tablas no tienen en consideración el agua necesaria pues resulta complicada su cuantificación. Sin embargo, la cifra se presupone muy elevada y por lo tanto de gran importancia tanto desde el punto de vista energético como medioambiental. Los resultados presentan algunas limitaciones pues el método de cálculo parte de una simplificación de los tipos de viales de 14 tipos a 3. Tampoco existe una asignación oficial de los tipos de viales y debido a la imposibilidad de realizar mediciones físicas es probable que existan imprecisiones en la clasificación de las calles.

El propio proceso de medición presenta sus limitaciones a pesar de utilizar planos en CAD, pues se ha medido la ciudad sólo en 2 dimensiones sin tener en cuenta las diferencias de cota, aunque en Zaragoza no sean muy pronunciadas.

Aún teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente, que dan a entender que el listado de materiales y los volúmenes de la tabla A.3.7 no son del todo realistas, sí presentan unos números representativos de la magnitud de los recursos que son necesarios para construir las infraestructuras necesarias para que discurran los vehículos en la actual ciudad.



Tabla A.3.6: Resumen resultados de materiales necesarios para la construcción de los viales urbanos
(Fuente: elaboración propia)

Nº	Elemento	Vol. (m3)
1	Loseta o baldosa	116953,21
1_pi	Losa de granito abujardado de 40x40x4	2159,65
2	Mortero M-250	237044,77
3	Solera de hormigón HNE-12.5	133152,30
5	Mortero M-450	1922,02
7	Asiento de hormigón HNE-12.5	72913,51
8	Bordillo de hormigón HM-35 (15x25)	35687,00
8_p	Bordillo de hormigón HM-35 (22x25)	12408,45
13	Banda de hormigón HM-30 (40x20 a 24)	85447,75
13_p	Banda de hormigón HM-30 (40x32 a 36)	29710,37
14	Mezcla bituminosa en caliente AC11 SURF 50/70 S	358260,64
15	Mezcla bituminosa en caliente AC16 BASE 50/70 S	358260,64
16	Mezcla bituminosa en caliente AC22 BASE 50/70 G	195460,90
17	Base grava-cemento	1214396,84
18	Base de zahorra artificial	2174220,29
26	Adoquin de granito colocado en sentido longitudinal o losa de piedracaliza de 20x20 cm (espesor de 9 a 10cm)	5979,24
27	Adoquin de granito abujardado colocado en sentido transversal (espesor de 9 a 10cm)	3033,30
28	Bordillo de piedra caliza o granito de 20x30cm	1520,15
29	Solera de hormigón HNE-15	6736,73



Tabla A.3.7: Resumen resultados de materiales necesarios para la construcción de los viales urbanos e interurbanos (Fuente: elaboración propia)

Nº	Elemento	Vol. (m3)
1	Loseta o baldosa	140415,00
1_pi	Losa de granito abujardado de 40x40x4	2159,65
2	Mortero M-250	284471,35
3	Solera de hormigón HNE-12.5	158051,26
5	Mortero M-450	1922,02
7	Asiento de hormigón HNE-12.5	82273,07
8	Bordillo de hormigón HM-35 (15x25)	35687,00
8_p	Bordillo de hormigón HM-35 (22x25)	18785,89
13	Banda de hormigón HM-30 (40x20 a 24)	85447,75
13_p	Banda de hormigón HM-30 (40x32 a 36)	44980,30
14	Mezcla bituminosa en caliente AC11 SURF 50/70 S	436069,87
15	Mezcla bituminosa en caliente AC16 BASE 50/70 S	436069,87
16	Mezcla bituminosa en caliente AC22 BASE 50/70 G	304393,83
17	Base grava-cemento	1525633,78
18	Base de zahorra artificial	2651153,84
26	Adoquin de granito colocado en sentido longitudinal o losa de piedrocaliza de 20x20 cm (espesor de 9 a 10cm)	5979,24
27	Adoquin de granito abujardado colocado en sentido transversal (espesor de 9 a 10cm)	3033,30
28	Bordillo de piedra caliza o granito de 20x30cm	1520,15
29	Solera de hormigón HNE-15	6736,73

En cuanto al transporte en bicicleta, Zaragoza dispone actualmente de 93 km de carril bici, con carriles unidireccionales de 1,5m (ver figura A.3.5) y con carriles bidireccionales de 2,5m (mínimo de 2m). Estos carriles se encuentran englobados en las superficies resumidas en la tabla A.3.1 por lo que no se ha cuantificado su construcción

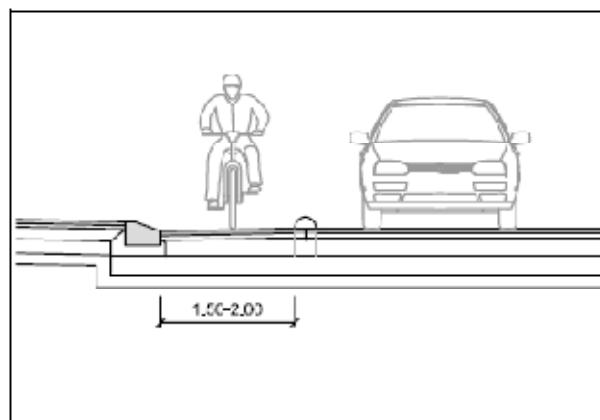


Figura A.3.5: Sección tipo carril bici segregado compartiendo calzada (Fuente: Plan director de la bicicleta de Zaragoza)



En Zabalza (2010), se cuantifica el coste energético para un firme tipo medio, asignando un valor de 552,1 MJ por m² de acera construido y de 11704,7 MJ por m² de calzada. Si realizamos una nueva simplificación de cálculo y consideramos todo el firme medido anteriormente de tipo medio, obtenemos los resultados de la tabla A.3.6. Esta simplificación rebaja los costes energéticos totales de la construcción de las infraestructuras siendo el asfalto el material que contribuye en mayor grado, pues la sección tipo firme pesado contiene mayor cantidad de materiales en general y también de asfalto.

Tabla A.3.6: Tabla resumen de superficies y de coste energético (Fuente: elaboración propia)

Sup. total tipo pesado interurbano (m ²)	Sup. total tipo pesado urbano (m ²)	Sup. total tipo medio (m ²)	Sup. total tipo piedra (m ²)	Total superficie (m ²)
2840655	5483312	8299170	100033	16723169
Sup. acera tipo pesado interurbano (m ²)	Sup. acera tipo pesado urbano(m ²)	Sup. acera tipo medio (m ²)	Sup. acera tipo piedra (m ²)	Total acera (m ²)
1212611	2551200	3524148	61592	7349552
Sup. calzada tipo pesado interurbano(m ²)	Sup. calzada tipo pesado urbano (m ²)	Sup. calzada tipo medio (m ²)	Sup. calzada tipo piedra (m ²)	Total calzada (m ²)
1628043	2932112	4775021	38440	9373617
Coste energético viales interurbanos (MJ)	Coste energético tipo pesado urbano (MJ)	Coste energético tipo medio (MJ)	Coste energético tipo piedra (MJ)	Coste energético total (MJ)
19603978156	35472889726	57483458887	477779702	113038106471

Hay que mencionar que no se han podido medir todos los viales pertenecientes al Término Municipal de Zaragoza por limitaciones en los planos. Por otro lado tampoco se han cuantificado los movimientos de tierra, ni las diferentes obras de fábrica como drenajes o alcantarillado. No se han contabilizado los puentes y otra serie de afecciones constructivas.

En apartados posteriores se evalúan parte de las instalaciones necesarias que permiten que la red de viales sean operativas.

2.1 – Estacionamientos

Los vehículos ya sean privados o públicos necesitan ser estacionados mientras no son utilizados, por lo que la ciudad de Zaragoza dispone de un número de estacionamientos que corresponden a diferentes tipologías según se resume en la tabla 4.2.2 de la memoria. Los datos de 2004 han sido facilitados por el ayuntamiento de Zaragoza.

En la actualidad estos datos se encuentran desfasados debido a la gran expansión urbanística de los últimos años. En particular en el caso de las plazas autorizadas y libres en vía pública y para los estacionamientos privados, se han obtenido datos



parciales de construcción de nuevas viviendas (viviendas bioclimáticas del período 2005-08) por lo que se ha considerado una plaza extra por cada vivienda nueva. La realidad es diferente ya que en función de si la vivienda es VPA o de libre acceso, el número de plazas por vivienda puede ser superior a dos, por lo que el número real de estacionamientos es superior al reflejado en la tabla 4.2.2.

La ciudad dispone del servicio biZi de alquiler público de bicicletas, que cuenta con una red de 100 estaciones de bicicletas que dan cabida a las 1000 bicicletas del servicio.

Por otro lado existe un total de 344 zonas de aparcamiento para las bicicletas privadas, con una capacidad que ronda las 5000 unidades, por lo que la ciudad dispone de estacionamientos en la vía pública para 6000 estacionamientos.

En la figura A.3.6 se ve la red actual de carriles bici y las estaciones del servicio biZi.

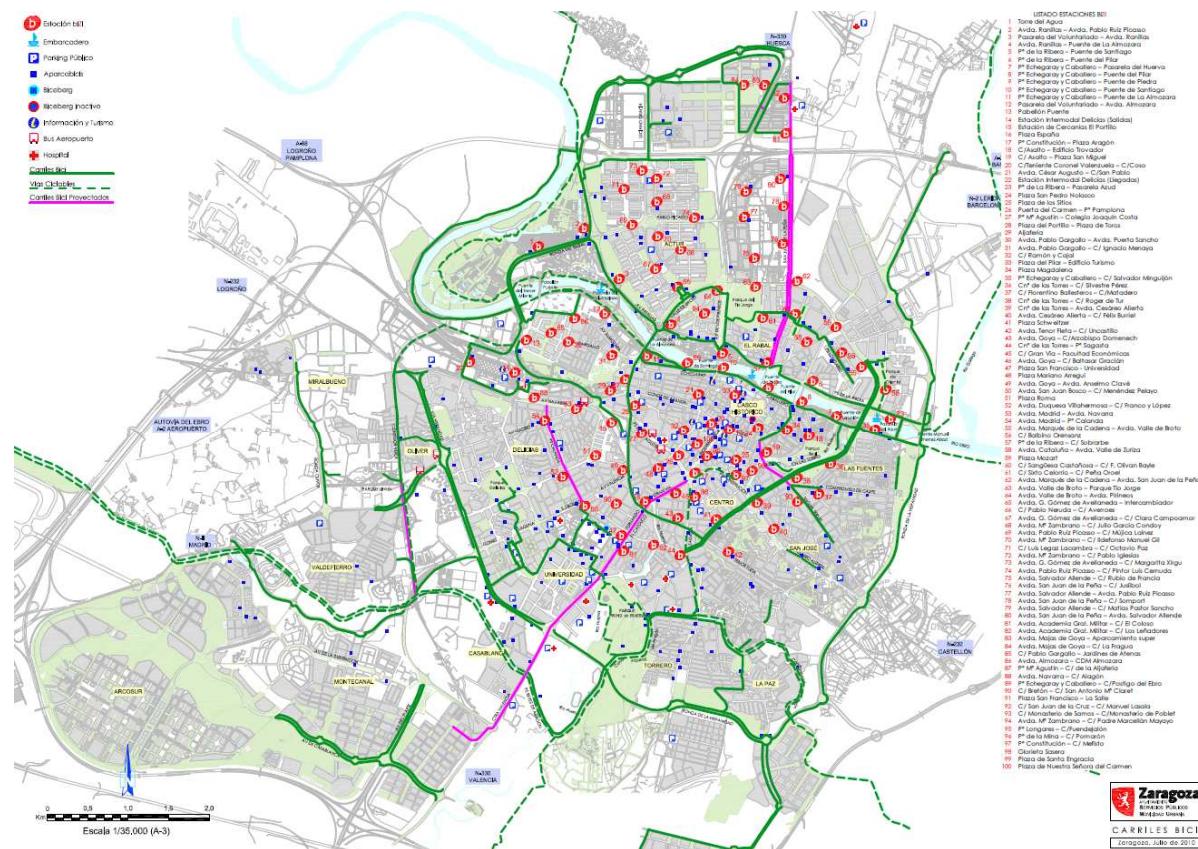


Figura A.3.6: Plano de carriles para bicicletas y red de estaciones del servicio Bizi (Fuente: Web Ayuntamiento de Zaragoza. Agosto 2010)

De los cálculos energéticos de este apartado se excluyen las distintas plazas que se encuentran en la vía pública pues ya se han contemplado anteriormente con la



superficie viaria. De las plazas de estacionamiento público de pago se desconocen las características, por lo que sólo se han calculado los costes relativos a los estacionamientos privados.

Los costes energéticos de los materiales necesarios para la construcción de un edificio de viviendas se estipulan en un rango de 3,6 a 8,76 GJ/m² construido (Dixit et al., 2010). Según Zabalza (2010), un bloque de viviendas con una sola planta de parking en Valdespartera tiene un valor de 5,63 GJ/m² mientras que otro con dos plantas de parking alcanza un ratio de 5,78 GJ/m², por lo que se escoge como valor tipo un valor intermedio de 5,70 GJ/m² para ser utilizado en el cálculo.

Según Kellenberger et al, (2007) para construir 1 m³ de edificio se requiere un movimiento de tierras de 0,8 m³ y un consumo de gasóleo de 0,104 kg, que equivale a 1,39 kWh. Para construir, rehabilitar y demoler un edificio se requiere un consumo eléctrico de 0,30 kWh/m³, por lo que se estima que en la fase de construcción se da el consumo de 1,69 kWh /m³ de edificio construido.

Según el Área de Movilidad del Ayuntamiento de Zaragoza, una plaza media de estacionamiento tiene unas dimensiones de 2,5x5m. Si suponemos una altura tipo de 3m para las plantas en edificios de viviendas dedicadas para aparcamiento, se obtienen los resultados de la tabla A.3.8.

Según la ITC10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de 2002, en los edificios de viviendas se debe prever un mínimo de 10W/m² para garajes con ventilación natural y de 20W/m² para garajes con ventilación forzada. Dado que se desconocen las características del conjunto de garajes privados, se ha hecho un cálculo a mínimos por lo que se ha seleccionado 10W/m² para la valoración energética en fase de operación. En un garaje sin ventilación forzada el consumo principal es en iluminación, la tercera parte del alumbrado suele ser permanente, por lo que sólo se ha considerado éste para hacer el cálculo anual. Estos cálculos no contemplan todos los consumos.

Tabla A.3.8: Cálculo coste energético estacionamientos privados (Fuente: elaboración propia)

Nº de plazas	181697
Superficie plaza (m ²)	12,5
Superficie total plazas (m ²)	2271212,5
Altura tipo parking (m)	3
Energía materiales (tep)	305410,49
Energía construcción (tep)	990,12
Energía operación (tep)	5702,44
Total energía (tep)	312103,05



2.2 – Señalización

La señalización del tránsito también tiene un coste asociado que se ha descrito en este apartado según la información proporcionada por el Área de Movilidad del Ayuntamiento de Zaragoza.

Zaragoza dispone de 8500 semáforos. Actualmente el Ayuntamiento está sustituyendo los dispositivos de alumbrado que utilizan lámparas de incandescencia por otros de tecnología LED para reducir el consumo eléctrico mejorando la eficiencia energética del sistema.

Cada semáforo con lámparas de incandescencia tiene un consumo medio de 70W, mientras que los que funcionan con LEDs tienen un consumo de 11W. En la tabla A.3.9 se puede apreciar el consumo anual de los semáforos de la ciudad.

Tabla A.3.9: Cálculo consumo energético señalización vertical (Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Movilidad Urbana del Ay. De Zaragoza)

Tipo de Semáforo	Nº semáforos	Consumo 1ud.(W)	Potencia instalada (W)	Consumo anual (GWh)	Consumo anual (tep)
LED	7000	11	77000	0,675	58,00
Incandescencia	1500	70	105000	0,920	79,09
Total	8500		182000	15,943	1370,87

La señalización vertical instalada en la ciudad se completa con 1371 señales de aluminio y 37902 de acero.

Sobre la señalización horizontal no se ha podido recopilar datos actuales.

No se han podido valorar los costes de fabricación e instalación de la señalización por falta de información donde se indiquen las especificaciones técnicas de las diferentes señales y de las instalaciones asociadas.

2.3 – Iluminación

Actualmente hay 66000 puntos de luz en la ciudad. En la tabla A.3.10 se pueden ver los diferentes tipos de soportes. La media del consumo por punto de luz es de 180W incluyendo los diferentes equipos. En media, el funcionamiento de estos es de 4000h/año. En la tabla A.3.11 se resume el consumo energético anual de los diferentes equipos. En la tabla también se han incluido los datos de 2006 (cuando había 40000 puntos de luz) para poder resaltar el importante incremento del 65% en iluminación desde 2006 debido al incremento de los viales de Zaragoza.



Tabla A.3.10: Resumen soporte iluminación (Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Alumbrado Público del Ay. Zaragoza)

Tipo apoyo	Nº en 2006	Nº en 2010
entre 4 y 8m	16000	26400
entre 9 y 14m	13000	21450
Columnas fundición	3000	4950
brazos fachada	9000	14850

En la tabla A.3.11 se resumen los puntos de luz según el sistema de apoyo utilizado.

Tabla A.3.11: Cálculo consumo energético iluminación (Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Alumbrado Público del Ay. Zaragoza)

Tipo de lámpara	Potencia instalada en 2006 (W)	Potencia instalada en 2010 (W)	Consumo en 2006 (GWh)	Consumo anual actual (GWh)	Consumo anual actual (tep)
HPS	7002000,00	11553300	28,01	46,21	3973,62
HM	198000,00	326700	0,79	1,31	112,36
Total	7200000,00	11880000	28,80	47,52	4085,98

No se ha podido valorar los costes de fabricación e instalación de la iluminación por falta de información donde se indiquen las especificaciones técnicas de las diferentes señales y de las instalaciones asociadas.





Anexo IV





1 Introducción

Como se ha podido ver en los capítulos y anexos anteriores, el transporte tiene asociados unos consumos de recursos materiales que tienen su equivalencia en energía. A su vez estos procesos de transformación y utilización tienen sus repercusiones ambientales, en forma de emisión de gases contaminantes, emisión de ruido debido a efectos mecánicos, o degradación de ambientes naturales debido al crecimiento “controlado”.

Estas consideraciones no entran dentro del alcance principal del TFM, pero se ha considerado interesante valorar aunque sea parcialmente las implicaciones medioambientales directas que tiene el transporte en la ciudad de Zaragoza.

2 Cuantificación de las emisiones de los turismos

La industria del automóvil lleva años esforzándose por producir coches consumiendo menos energía y que consuman menos combustible. Lo primero representa una reducción de costes para la propia industria, lo segundo mejora la competitividad del producto y al mismo tiempo da cumplimiento a las normativas actuales que marcan unos máximos en cuanto a emisiones de gases contaminantes. Por otro lado los consumidores no son ajenos a las posibles ventajas que ofrece un vehículo que consume y contamina menos, pues más allá de la concienciación ambiental, esto supone un ahorro doble: además de pagar menos combustible, según las emisiones del vehículo varía el valor impositivo del impuesto de matriculación del vehículo.

En este apartado, sólo se han cuantificado las emisiones de CO₂. Las emisiones en la fase de fabricación varían en función de la literatura consultada. En Zabalza (2010), la emisión de CO₂ por vehículo fabricado es de 4,24 t, aunque en Aranda (2008), este valor se indica que puede llegar a ser de 6,3 t por unidad. Para el cálculo se ha escogido el valor más conservador como se puede ver en la tabla A.4.1.

Tabla A.4.1: Emisiones de CO₂ en la fabricación de los turismos de Zaragoza (Fuente: elaboración propia.)

	Nº Vehículos	Emisión x vehículo (t)	Total (t)
Emisiones CO ₂ fabricación turismos	244850	4,24	1038164



En los cálculos realizados en el Anexo II, se ha establecido que un turismo tipo en Zaragoza emite 159,68 g/km. Con el resto de datos del Anexo II se han obtenido los resultados de la tabla A.4.2.

Tabla A.4.2: Emisiones de CO₂ durante la utilización de los turismos de Zaragoza (Fuente: elaboración propia.)

Nº desplazamientos semanales	3017577,7
Emisión de CO ₂ (g/km)	159,68
Duración media de los viajes (min)	23,5
Velocidad en (km/h)	23,10
Emisión semanal de CO ₂ (t)	4359,62
Emisión mensual de CO ₂ (t)	18891,67
Emisión anual de CO ₂ (t)	226700,08

3 Cuantificación de las emisiones del uso de los vehículos

Aunque se ha podido calcular de forma independiente las emisiones de CO₂ para los turismos actuales de Zaragoza, también se ha obtenido información sobre el conjunto de emisiones de los vehículos de 2005. Esta información ha sido facilitada por la Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad del Ayto de Zaragoza.

Los datos expuestos en la tabla A.4.3, pertenecen al inventario de Emisiones del año 2005. En éste se indica las emisiones de diferentes contaminantes procedentes de la utilización de los vehículos de Zaragoza según la metodología CORINAIR¹.

Tabla A.4.3: Emisiones de gases y partículas de los vehículos de Zaragoza (Fuente: Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad (Ayto. Zaragoza, 2005))

Tipo de emisión	Total vehículos (t/año)
CO2	500.377,69
CO	7.783,48
NOx	2.406,79
COV	1.038,18
PM	129,62
CH4	73,49
COVNM	964,69
N2O	50,13
NH3	39,97
SO2	22,84

En la tabla A.4.4 se pueden apreciar las emisiones debidas a los autobuses de Zaragoza en el año 2005. Estos son los causantes del 7,5% de la emisión de NOx y en el resto de sustancias de cantidades menores al 5%.

¹ CORINAIR: CORe INventory AIR emissions. The European Environment Agency (EEA)



Tabla A.4.4: Emisiones de gases y partículas de los autobuses de Zaragoza (Fuente: Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad (Ayto. Zaragoza, 2005))

Tipo de emisión	Total autobuses (t/año)
CO2	22.090,86
CO	49,05
NOx	180,53
COV	22,42
PM	6,73
CH4	2,23
COVNM	20,19
N2O	0,60
NH3	0,06
SO2	0,71

4 Ahorro de emisiones debidas a la instalación del tranvía en Zaragoza

La introducción del tranvía substituirá a parte de los vehículos que circulan por las calles de Zaragoza, de esta forma se mejorará la calidad del servicio de transporte público y se minimizarán las emisiones de gases y partículas en las calles de la ciudad.

La Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad ha facilitado el cálculo del apartado, donde se identifican las emisiones que se emiten en el recorrido de la línea de tranvía que se está construyendo en Zaragoza. Teniendo en cuenta que el recorrido total es de 12,95 km, y que la intensidad media del tráfico es de 15952 vehículos por km, se obtienen las emisiones totales para todos los vehículos en la tabla A.4.5.

Tabla A.4.5: Emisiones de gases y partículas de los vehículos en el recorrido del tranvía (Fuente: Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad (Ayto. Zaragoza, 2010))

Tipo de emisión	Total vehículos (kg/año)
CO2	3.785.603
CO	7.228
NOx	23.498
COV	4.236
PM	1.076
CH4	266
COVNM	3.970
N2O	102
NH3	10
SO2	122

En la tabla A.4.6 se muestran solo las emisiones debidas a los autobuses que circulan por el recorrido del futuro tranvía.



Tabla A.4.6: Emisiones de gases y partículas de los autobuses en el recorrido del tranvía (Fuente: Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad (Ayto. Zaragoza, 2010))

Tipo de emisión	Autobuses (kg/año)
CO2	189.283
CO	361
NOx	1.175
COV	212
PM	54
CH4	13
COVNM	198
N2O	5
NH3	1
SO2	6

Se estima que el potencial de mejora en las emisiones es la cantidad producida por los autobuses, pues estos se verán substituidos en gran medida por el tranvía. Tras la reordenación de las líneas de los autobuses estos deberán coexistir en parte para que existan enlaces que otorguen intermodalidad de servicios. Se espera que con la reordenación de los autobuses más la capacidad del tranvía, se reduzca de forma considerable la utilización del transporte privado consiguiéndose una reducción mayor a las emisiones totales de los autobuses.

5 Cuantificación de las infraestructuras

En el Anexo III se han tratado las infraestructuras del transporte y las repercusiones energéticas que tienen. A estas también van ligadas una serie de emisiones de gases contaminantes, que se han valorado en parte en este anexo.

En Zabalza (2010) se asigna una valor de emisiones de CO₂ para una sección tipo medio, un valor de 72,4 kg CO₂/m² de acera, y un valor de 256,3 kg CO₂/m² de calzada. Utilizando estos valores y las superficies obtenidas en el Anexo III, se han obtenido los resultados de la tabla A.4.3 que cuantifican las emisiones de CO₂ durante la construcción de los viales del Término Municipal de Zaragoza.



Tabla A.4.3: Emisiones de CO₂ durante la construcción de viales de Zaragoza (Fuente: elaboración propia.)

Sup. total tipo pesado interurbano (m ²)	Sup. total tipo pesado urbano (m ²)	Sup. total tipo medio (m ²)	Sup. total tipo piedra (m ²)	Total superficie (m ²)
2840655	5483312	8299170	100033	16723169
Sup. acera tipo pesado interurbano (m ²)	Sup. acera tipo pesado urbano(m ²)	Sup. acera tipo medio (m ²)	Sup. acera tipo piedra (m ²)	Total acera (m ²)
1212611	2551200	3524148	61592	7349552
Sup. calzada tipo pesado interurbano (m ²)	Sup. calzada tipo pesado urbano (m ²)	Sup. calzada tipo medio (m ²)	Sup. calzada tipo piedra (m ²)	Total calzada (m ²)
1628043	2932112	4775021	38440	9373617
Emisiones CO ₂ viales interurbanos (t)	Emisiones CO ₂ tipo pesado urbano (t)	Emisiones CO ₂ tipo medio (t)	Emisiones CO ₂ tipo piedra (t)	Emisiones CO ₂ total (t)
505061	936207	1478986	14312	2934566

En Aranda (2008) se indica que el mix eléctrico español tiene unas emisiones de CO₂ de entre 0,331 y 0,865 kg por kWh producido según la fuente que se escoja. En nuestro caso hemos tomado como referencia el valor 0,517 kg CO₂/kWh marcado por el E4 para realizar los cálculos de emisiones debidos al consumo eléctrico de la operación de las infraestructuras. En la tabla A.4.4 se pueden apreciar los resultados del cálculo. Cabe recordar que no están representados todos los consumos de explotación de las infraestructuras.

Tabla A.4.4: Emisiones anuales de CO₂ O&M de infraestructuras de Zaragoza (Fuente: elaboración propia.)

Origen consumo	Consumo (GWh)	Emisión CO ₂ (kg/kWh)	Emisión CO ₂ (t)
Semáforos	15,94	0,517	8242,63
Iluminación	47,52	0,517	24567,84
Estacionamientos	66,32	0,517	34287,13
Total	129,78		67097,61



6 Contaminación acústica

Otra repercusión ambiental es la contaminación acústica procedente de la movilidad. Del “Proyecto de elaboración del mapa de ruido y plan de acción del término municipal de Zaragoza” del Ayuntamiento de Zaragoza y de los indicadores de Sostenibilidad de 2009 publicados por la Agenda 21 de Zaragoza, se concluye que el principal foco de ruido en la ciudad tiene como origen el tráfico rodado. Esto provoca que en algunas zonas se excedan los niveles de calidad. El foco que afecta a una mayor cantidad de superficie municipal son las carreteras mientras que el foco que afecta a mayor porcentaje de población es el tráfico en las calles.

El tren y la industria no constituyen focos de ruido de incidencia acústica destacable en el municipio salvo situaciones concretas.

Como soluciones aportadas en el propio Proyecto se propone:

A.1 Potenciación de los sistemas de transporte no motorizados: desarrollo de zonas peatonales y carriles bici, campañas de concienciación ciudadana, mejora de la accesibilidad a los servicios y espacios públicos a través de esos sistemas de transporte.

A.2 Potenciación del transporte público y colectivo: mejora de los sistemas de transporte públicos (accesibilidad, conexión, horarios, itinerarios), creación del tranvía y desarrollo de campañas de concienciación para su utilización.

A.3 Análisis del transporte de personas y mercancías externas a la ciudad (en tránsito o no): potenciación del transporte ferroviario para las personas y mercancías así como el transporte público para las personas.

B.1 Reducción de la emisión sonora en calles y carreteras: reducción de la cantidad de vehículos, de la velocidad, del porcentaje de pesados, la utilización de modos de conducción que permitan un régimen fluido de paso, mejora del estado del pavimento, utilización de pavimentos drenantes, evitar las pendientes ascendentes en el recorrido.

B.2 Planes zonales: son planes de mejora concreta para aquellas zonas en las que se superen los objetivos de calidad detallados en el RD 1367/2007. Se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La concentración del tráfico en unas pocas vías resulta acústicamente positivo, como se aprecia en la figura A.4.1.



La configuración de calles en este caso presenta vías de intenso tráfico que circundan las zonas de viviendas y canalizar en tráfico así como vías internas de fondo de saco destinados únicamente a los residentes. Este diseño permite generar zonas tranquilas en los espacios inferiores del barrio donde se localizan las viviendas.

Por otro lado, en este caso, todas las vías resultan permeables al tráfico lo cual implica una generalización de los niveles sonoros elevados y aumenta el número de fachadas expuestas.

Tabla A.4.1: Configuración de vías según criterios acústicos (Fuente: Proyecto de elaboración del mapa de ruido y plan de acción del término municipal de Zaragoza.)

La eficacia acústica de las zonas peatonales pasa por la generación de una zona amplia para las mismas, un ejemplo se ve en la figura A.4.2.



Ampia zona peatonal que genera una zona tranquila en la que apenas hay influencia de los niveles de ruido generados por otras vías en el entorno.

Zona peatonal compuesta por pocas calles intercaladas con otras vías de tráfico. Esta situación conlleva que, en las vías peatonales se identifiquen los niveles sonoros generados por otras vías con tráfico en la zona.

Tabla A.4.2: Configuración de zonas peatonales según criterios acústicos (Fuente: Proyecto de elaboración del mapa de ruido y plan de acción del término municipal de Zaragoza.)





Anexo V





1 – Plano del callejero de la ciudad de Zaragoza de 1997





2 Plano del callejero de la ciudad de Zaragoza de 2006

