



Impacto del vehículo eléctrico compartido sobre la movilidad de los estudiantes: la experiencia Car2go en Madrid

Begoña Guirao, Jorge Escobar, Mar González, Rosa Arce, M. Eugenia López
URBENERE (RED CYTED)

1. Resumen

La reciente aparición de los nuevos sistemas de carsharing FFCS (Free Float Car Sharing), basados en una mayor flexibilidad para acceder al alquiler de los vehículos y entregarlos en el lugar de destino, ha provocado el incremento del carsharing en las ciudades donde estos sistemas están comercialmente implementados. La literatura relativa a los impactos sobre el transporte público y el medioambiente que estos nuevos sistemas provocan en las ciudades es todavía muy escasa. En esta comunicación, se sintetizan los hitos más importantes que se han producido en esta línea de investigación, y se avanzan los primeros resultados de un estudio en curso, que analiza los impactos que Car2go (implantado en Madrid desde noviembre de 2015) está generando sobre la movilidad de estudiantes universitarios en una de las zonas de Madrid con mayor densidad de centros académicos: el Campus Moncloa. Los resultados inicialmente revelan una mayor demanda de carsharing fuera de las horas-punta tradicionales en entornos urbanos, poco ligada a la oferta y a la frecuencia del transporte público. La densidad de vehículos Car2go por km² coincide con la disponibilidad de aparcamiento del área de estudio (muy limitada a los parkings universitarios, concentrados sólo en algunos centros). El presente estudio ha sido desarrollado en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), por el equipo investigador de la UPM perteneciente a la red CYTED URBENERE (Comunidades Urbanas ENERgéticamente Eficientes).

2. El coche compartido “flotante” como tipo de carsharing

La idea de compartir vehículo ha existido durante más de 60 años: una flota de coches puede ser compartida por varios usuarios, que pueden conducir un vehículo cuando lo necesiten, pero no tienen por qué ser propietarios del mismo (Ciari et al, 2014). Introducido recientemente en el mercado, el sistema de coche compartido “flotante”, conocido internacionalmente por FFCS (Free-Floating Car Sharing) está registrando un fuerte crecimiento (Herrmann et al, 2014; Wielinsk et al, 2015) y contribuyendo activamente al aumento de la demanda de los sistemas de coche compartido (carsharing). Desde el punto de vista operacional resulta innovador: no hay estaciones en las que recoger y devolver los vehículos, ya que el sistema FFCS se caracteriza por no estar centralizado (en oficinas de alquiler de vehículos), sino descentralizado, ya que los coches a compartir se encuentran estacionados en cualquier calle de la ciudad.



¿Cuáles han sido los sistemas de carsharing ofertados hasta ahora en el mundo? **Los sistemas de carsharing pueden dividirse en cuatro tipos** (Martin and Shaheen, 2016) en función de la estructuración del viaje y la propiedad del vehículo: *roundtrip*, *one-way*, *peer-to-peer* y *fractional*. Los dos primeros se caracterizan por emplear una flota de vehículos cuya propiedad corresponde a una empresa ajena a los usuarios. En el caso del viaje completo (*roundtrip*) los usuarios empiezan y acaban el viaje en la misma localización, con independencia de que se trate de un servicio centralizado de estaciones (con espacios de aparcamientos asignados para este uso), o directamente en las calles (como los FFCS). En el segundo caso (*one-way*), se le permite al usuario, que suele pagar por minutos, empezar y terminar el viaje en localizaciones diferentes. En el tercer tipo de carsharing (*peer to peer*) opera muy a menudo en viajes completos (*round trip*), pero la flota de vehículos ofertada pertenece a particulares que ceden sus vehículos a un operador que gestiona el sistema. Finalmente, el sistema “fractional” permite a varios individuos compartir la propiedad y el uso de vehículos. En cualquiera de estos sistemas de carsharing la propulsión del vehículo puede ser convencional (diésel o gasolina) o eléctrico; y la ocupación de vehículo puede también variar, es decir, normalmente no se obliga en el proceso de alquiler del vehículo a que el uso del vehículo sea compartido, no se obliga a que al menos dos personas utilicen el vehículo en el mismo viaje.

Una vez expuestos los tipos sistemas de carsharing existentes, se pueden entender las causas por las cuales la reciente aparición de los sistemas de FFCS ha tenido un impacto tan grande. Su flexibilidad para el usuario es grande, comparada con los sistemas anteriores: simplemente tiene que buscar y reservar un coche cercano a su posición geográfica utilizando su smartphone. Además no hay obligación de pagar durante el horario laboral, mientras que el coche está aparcado, lo que refuerza este sistema para los commuters frente al tradicional carsharing centralizado, basado en estaciones (*station-based*).

El proceso de alquiler, por tanto, debe seguir las siguientes fases:

1. A través de una aplicación móvil, el usuario que quiere alquilar el coche busca por geolocalización el vehículo más cercano a su punto de salida, lo reserva y al llegar al vehículo, abre y arranca el coche sólo acercando la aplicación del smartphone a una pantalla situada detrás de la ventanilla, que funciona como llave o con una tarjeta de socio. La reserva bloquea ese vehículo a otros usuarios durante un período limitado, (aprox. 20 min) sin que este tiempo cuente como alquiler.
2. Una vez finalizado su trayecto, el cliente aparca el coche en una calle cercana a su lugar de destino, lo cierra con la aplicación y, con el cierre del vehículo, la aplicación calcula la tarifa correspondiente, según los minutos que se ha alquilado.

Existe abundante literatura científica en relación a los beneficios medioambientales del carsharing. Un ejemplo de ello puede encontrarse en un reciente estudio europeo (Loose, 2010), que concluye que cada coche compartido puede sustituir en la ciudad hasta a 8 coches convencionales, con la consecuente disminución de emisiones contaminantes. Sin embargo, en relación a los novedosos sistemas de FFCS, apenas hay publicaciones que cuantifiquen los beneficios medioambientales generados, ni siquiera que aborden la modelización del comportamiento de sus usuarios. Se trata de una línea de investigación que se encuentra en una fase muy inicial y, en cierta medida, compleja, ya que la



información más detallada del comportamiento de los usuarios está en manos de los operadores (primeros interesados en que su negocio se mantenga y sea rentable). Surgen, en torno a los sistemas de FFCS, algunas preguntas clave que nos conducen a un mayor o menor impacto en la sostenibilidad del transporte público urbano y en consecuencia a unos mayores o menores impactos medioambientales:

- ¿Se suelen utilizar los vehículos FFCS de forma compartida?
- Antes de la introducción de un sistema de FFCS en una ciudad, ¿cuál era el modo de transporte utilizado por el usuario?
- ¿Cuál es la distancia media de un viaje en un vehículo de FFCS? ¿Incrementan los FFCS el número de vehículos-kilómetro que un usuario realiza al año?
- En el caso de no existir disponibilidad de vehículo FFCS en la proximidad de la localización geográfica del usuario, ¿cuál será el modo de transporte alternativo a utilizar?

Sin duda, conocer la respuesta a estas preguntas puede ayudar a cuantificar el impacto de la implementación de un sistema FFCS en una ciudad. No hay que olvidar que si un viaje utilizando un vehículo FFCS en solitario se sustituye por un viaje en transporte público, estamos introduciendo en el flujo de tráfico de las calles de una ciudad más vehículos y en consecuencia, mayor congestión en hora punta. Este hecho tendría un efecto nocivo sobre el transporte público, que disminuiría a largo plazo progresivamente su eficacia, al ver reducida su velocidad comercial. En relación con las emisiones contaminantes, el FFCS eléctrico tendría, obviamente, un impacto menor que el FFCS convencional pero, como ya hemos comentado, si se empeora la velocidad comercial del transporte público, se fomentaría el uso del vehículo privado y este hecho sí que dispararía las emisiones contaminantes en la ciudad.

Como ya se ha subrayado, existen en el mundo muy pocos estudios publicados hasta ahora que evidencien los efectos medioambientales de la implantación de los sistemas de FFCS basados en experiencias reales. En el apartado siguiente se describe el más importante de ellos (Martin and Shaheen, 2016), que por su novedad, está generando gran expectación en la comunidad científica, y un apoyo muy importante a las operadoras de sistemas de FFCS. Uno de los inconvenientes de este estudio, a la hora de extrapolar sus resultados a ciudades europeas, es que está basado en la experiencia de ciudades norteamericanas donde, en comparación con Europa, porcentaje de usuarios de transporte colectivo es muy bajo. Algunos estudios europeos (mucho más simples en su metodología) desarrollados con anterioridad, en concreto en Ulm (Alemania), apuntan a resultados parecidos (Firnkor and Müller, 2011), lo que refuerza la consistencia del estudio americano de Marten and Shaheen, que a continuación se describe.

3. Los alentadores resultados obtenidos en Estados Unidos con Car2go

En Estados Unidos, los sistemas de roundtrip carsharing llevan operando durante más de 20 años y, prueba de ello, es que en julio de 2015, había 39 operadores de carsharing con más de un millón de usuarios y una flota colectiva que superaba los 18.000 vehículos. La implementación del primer sistema de FFCS en Estados Unidos tuvo lugar en 2010, cuando la empresa Car2go empieza a operar en Austin (Texas), pero 5 años más tarde (julio de 2015) eran ya tres las empresas de FFCS que operaban en este país,



con un número de usuarios superior al medio millón, movilizados en una flota de 6870 vehículos. Aprovechando 5 casos de estudio en ciudades norteamericanas (Calgary, San Diego, Seattle, Vancouver, and Washington, D.C.) donde opera Car2go, el Transportation Sustainability Research Center de la UC Berkley (Martin and Shannen, 2016) llevó a cabo un estudio para conocer el impacto de la implementación de este sistema de FFCS sobre los siguientes indicadores:

- Propiedad de los vehículos (compra de nuevos vehículos, intención de compra)
- Transferencia modal (derivado de la implementación del sistema FFCS)
- Variación en el número Vehículos-km generados por usuario
- Emisiones de gases de efecto invernadero GGE (Greenhouse Gas Emissions)

La metodología utilizada se basó en una campaña de encuestas a usuarios de Car2go en estas ciudades para definir los cambios provocados en las pautas de movilidad como consecuencia de la implementación del sistema. A los resultados de las encuestas se le sumaron datos de movilidad proporcionados por la empresa operadora: km. recorridos por los vehículos Car2go durante un año junto con un perfil de frecuencia de uso según tipo de usuario de Ca2go. La tabla 1 muestra los resultados del estudio americano en términos de “estimación de consecuencias” de la implementación del sistema Car2go en las ciudades americanas analizadas.

Tabla 1. Impacto generado por los sistemas FFCS sobre la motorización, la movilidad en coche y los gases GHG. Experiencia en ciudades norteamericanas (Martin and Shaheen, 2016).

Ciudad (número de encuestas)	Vehículos vendidos (por vehículo existente Car2go)	Vehículos suprimidos - intención de compra abortada (por vehículo existente Car2go)	Total del vehículos desplazados por un vehículo de carsharing	Rango de vehículos desplazados por un vehículo de carsharing	Estimación del % de reducción en vehículos-milla por unidad familiar usuaria de Car2go	Estimación del % de reducción en gases GHG por unidad familiar usuaria de Car2go
Calgary, AB (n=1,498)	2	9	11	2-11	-6%	-4%
San Diego, CA (n=824)	1	6	7	1-7	-7%	-6%
Seattle, WA (n=2,887)	3	7	10	3-10	-10%	-10%
Vancouver, BC (n=1,010)	2	7	9	2-9	-16%	-15%
Washington, D.C. (n=1,127)	3	5	8	3-8	-16%	-18%



Los resultados de la encuesta fueron diversos en función de la ciudad y el tipo de usuario. La mayor parte de los encuestados revela que Car2go se está usando puntualmente en un número reducido de viajes al año, para satisfacer necesidades de movilidad accidentales. Pero un número reducido de usuarios ya argumentan haber utilizado Car2go porque acababan de vender su coche, o habían abandonado la idea de comprar uno. Aunque este tipo de respuesta es minoritaria, los autores de este estudio, ante el progresivo crecimiento del número de usuarios de Car2go en US, extrapolan este porcentaje a un “efecto red” y estiman el impacto positivo que este tipo de decisiones provocará en la sostenibilidad del transporte de cada una de las ciudades analizadas a largo plazo (ver Tabla 1).

En cuanto al comportamiento del usuario, se evidencia en los resultados de las encuestas, un predominante uso del Car2go como sustituto y, a la vez, complemento del transporte público. Es mayor el número de usuarios de Car2go que han reducido el uso del transporte público que el número de los han aumentado. Sin embargo, los efectos de Car2go sobre el modo de transporte peatonal y el uso de la bicicleta son muy curiosos. Salvo en Washington DC, en el resto de ciudades analizadas los usuarios de Car2go declaran caminar más que antes (se supone que en los itinerarios hasta llegar al coche se pretende alquilar) y muchos ciclistas utilizan Car2go en alguna etapa de su viaje. Por el contrario, en todas las ciudades analizadas, Car2go fue identificado como un claro competidor del taxi, ya que todos declararon utilizar menos el taxi desde que Car2go se había implementado. En cuanto al nivel de ocupación de los vehículos FFCS, entre el 29% y el 38% de los encuestados en 4 de las ciudades analizadas (en San Diego no se incluyó la pregunta), afirmaron que la mitad de las veces que utilizaban Car2go otra persona viajaba con ellos, al menos la mitad del tiempo que duraba el viaje.

Las conclusiones este estudio son alentadoras, pero la metodología empleada para inferir los resultados poblacionales son discutibles. Adicionalmente no se evalúan los efectos provocados por un menor uso del transporte público y su extrapolación directa al contexto europeo es complicada, por el mayor uso que en Europa se hace del transporte público y la diferente estructura territorial de las ciudades europeas. Sabemos que Car2go necesita operar en ciudades con una densidad de transporte público mínima, que garantice el retorno al lugar de origen (hogar), ya que se trata de un sistema de carsharing one-way: no se paga mientras el vehículo está estacionado, pero nadie garantiza que el vehículo siga allí para volver a alquilarlo. La disponibilidad recurrente de vehículos a una distancia accesible andando provoca la fidelización de los clientes y no es un asunto menor para las empresas operadoras de FFCS.

Suponiendo que, tal como indican estos primeros estudios americanos, los sistemas de FFCS tengan unos efectos pequeños, pero positivos sobre los niveles de motorización, los gases de efecto invernadero y el número de vehículos-km. recorridos, habría que incrementar el número de usuarios de los mismos. Una de las estrategias más interesantes, de la que ya existe una primera literatura al respecto, se centra en garantizar una disponibilidad mínima de coches para alquilar en cada una de las zonas de la ciudad (sobre todo en las horas punta del sistema). En el apartado siguiente se abordan algunas estrategias para lograr este fin.

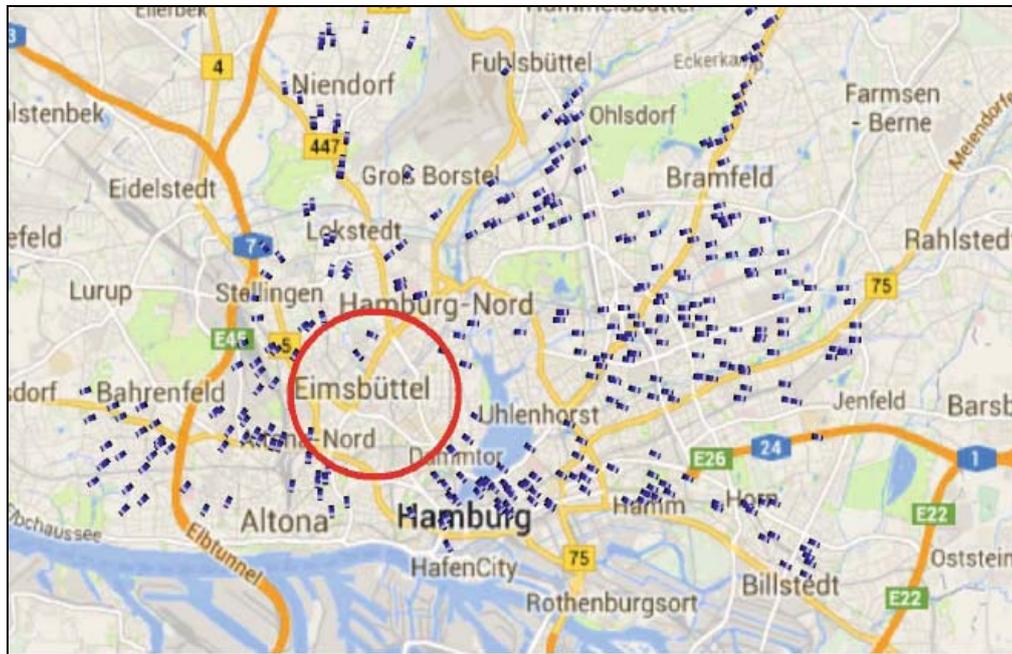


Figura 1. Disponibilidad de vehículos Car2go en la ciudad de Hamburgo (9:00 de un día laborable).

4. Estrategias de “Smart relocation” para incrementar la aceptación de los sistemas FFCS

En los sistemas de FFCS, al igual que otros sistemas de vehículo compartido (bike sharing) se detectan, en los núcleos urbanos, fluctuaciones de demanda importantes a lo largo del día. Dependiendo de la hora del día que estemos analizando, algunas zonas de la ciudad acumulan una elevada demanda, mientras que otras no resultan atractivas para los usuarios. En consecuencia, en algunas zonas hay exceso de vehículos, mientras que en otras es muy difícil encontrar un vehículo para alquilar. La figura 1 refleja el problema en el caso del sistema Car2go de la ciudad de Hamburgo a las 9:00 de un día laborable, en el que se aprecia (con un círculo rojo) una zona claramente con insuficiencia de vehículos para alquilar. En la figura 2 se puede apreciar algunas zonas idénticas en Madrid, también a las 9:00 de un día laborable. En el caso de Hamburgo, este área tiene un diámetro aproximado de 3 km., que resulta una distancia excesiva en el caso de que un usuario decida buscar otro car2go en un área colindante. Un potencial usuario que se enfrenta reiteradamente a este problema acaba buscando un modo alternativo para completar su viaje y se pierde como demanda real del sistema FFCS. Por esta razón las estrategias de “reubicación de vehículos” (relocation o repositioning strategies) son tan importantes si se quiere potenciar el uso de estos sistemas de carsharing. Y estas estrategias pueden forzar a que sea el usuario el que “colabore” al reposicionamiento de los vehículos, compensándolos económicamente.

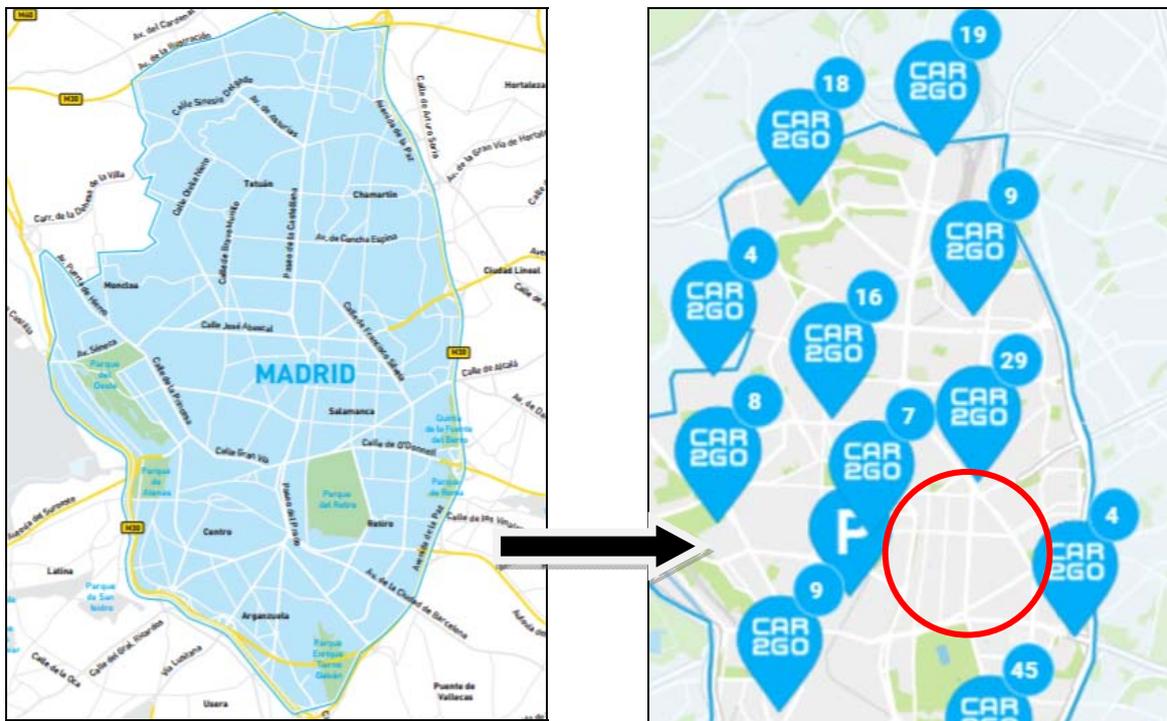


Figura 2. Área de operación de Car2go en la ciudad de Madrid (izquierda). Disponibilidad de vehículos Car2go a las 9:00 de un día laborable (octubre 2016).

Mientras que las estrategias de reubicación de bicicletas en el bike sharing (Raviv et al., 2013) o de los contenedores portuarios (Song and Dong, 2011) han sido ampliamente tratadas por la literatura, en el caso de los sistemas de FFCS, existen muy pocos estudios al respecto. El más relevante fue desarrollado por Herrmann et al. (2014) en la ciudad de Hamburgo, que incluyó una encuesta a usuarios (en la que se testaban diferentes estrategias de reubicación) y un modelo de simulación de eventos discretos.

La encuesta llevada a cabo en Hamburgo refleja las mejores estrategias de reubicación que las empresas de FFCS pueden incentivar con descuentos de tarifa:

- a) Incentivos por alquilar vehículos que se encuentran más alejados del usuario. Cuando el usuario busca, con su smart phone, los coches disponibles cercanos a su posición geográfica, se les ofrece otros vehículos más alejados a una tarifa inferior (o se les regala un bonus de minutos de uso gratis)
- b) Incentivos por dejar el coche en un destino más alejado del deseado por el usuario. Cuando el usuario va a iniciar su viaje, se le pide que introduzca su dirección de destino, y se le ofrece dejar el coche en zonas cercanas a su destino a una tarifa más baja (o bonus de minutos gratis). Tendrá que caminar más, pero el sistema Car2go reforzará zonas de la ciudad que necesitan incrementar la disponibilidad de coches.
- c) Incentivos por compartir el viaje o parte del viaje con otros usuarios. En zonas de la ciudad con elevada demanda, a las peticiones de reserva de coches se les podía conectar (a través de aplicaciones app) con redes sociales enfocadas a compartir



vehículo, de modo que no sólo los usuarios podrán compartir el coste del viaje, sino que la propia operadora de FFCS podría aplicar una reducción de tarifa (o el regalo de minutos gratis para un posterior uso).

Como vemos, las nuevas tecnologías en las que se apoyan los sistemas de FFCS, permiten una amplia gama de actuaciones, una vez que la operación en una ciudad ya se ha iniciado y ha transcurrido el tiempo necesario para que se puedan observar pautas en el comportamiento de los usuarios. Este es el caso de Madrid, una ciudad europea en el que el primer sistema de FFCS, operado por Car2go, se implementó prácticamente hace un año (11 de noviembre de 2016). Debido a su corto tiempo de vida, existen muy pocos estudios en el que se evalúe cómo está transcurriendo esta experiencia. En los próximos apartados se intenta caracterizar la movilidad de los estudiantes en Car2go en una zona muy concreta de la ciudad.

5. La experiencia de Car2go en Madrid: descripción del caso de estudio

El sistema Car2go se implementó en la ciudad de Madrid el 11 de noviembre de 2006, por parte de la empresa *Daimler AG*, que viene proporcionando desde 2008 servicios de alquiler de coches en ciudades de Europa, Norteamérica y China (15 en Europa, 14 en Norteamérica y 1 en China). Pero las flotas exclusivamente eléctricas (1.650 vehículos) están disponibles sólo en cuatro ciudades del mundo: Stuttgart, Ámsterdam, San Diego y Madrid. En Madrid, Car2Go inició su oferta con una flota 350 vehículos *smart fortwo ed* eléctricos, pero esa cifra se ha aumentado 500 coches para los aproximadamente 53.000 usuarios registrados. Los coches Smart que se emplean en Madrid tienen un ocupación máxima de 2 personas y un ámbito de operación limitado al interior de la carretera orbital M-30, primer cinturón urbano del área metropolitana. Pueden operar fuera de este cinturón, pero deben entregarse (drop-off) en el interior de la M-30.

La implantación de Car2go en Madrid ha venido favorecida por sucesivas ordenanzas municipales (Ayuntamiento de Madrid; 2005,2012), en las que se ha liberado de pagar a vehículos “menos contaminantes” la tasa fiscal en la zona de estacionamiento SER (Servicio de Estacionamiento Regulado) del viario urbano. En concreto, los titulares de vehículos que no sean de combustión interna (eléctricos, de pila de combustible o de emisiones directas nulas), así como los vehículos eléctricos enchufables PHEV (Plug in Hybrid Vehicle) y los eléctricos de rango extendido, pueden obtener, de forma gratuita, la autorización “Cero Emisiones” para estacionar en las plazas verdes y azules del SER sin limitación temporal y sin abono del estacionamiento, siempre que no esté prohibido por alguna norma general o particular. La autorización “Cero Emisiones”, en la ciudad de Madrid, se concede por tiempo indefinido, y por tanto, no requiere renovación.

¿Por qué estudiar las pautas de movilidad de los estudiantes en Car2go? Los usuarios que se encuentran en la franja de edad entre 18-25/30 años resultan muy interesantes para las empresas operadoras de FFCS. Se trata de individuos que pueden obtener la licencia de conducción (en España se puede obtener a partir de los 18 años), pero que todavía no están insertados en el mercado laboral o, si lo están, perciben un salario por debajo de la media. España viene registrando en los últimos años tasas de desempleo superiores al 18%, concentradas en esta franja de edad. Se trata, por tanto, de individuos con escasa capacidad de compra de un vehículo privado, pero sí con posibilidades de “comprar movilidad”, que es lo que ofrecen empresas como Car2go. En principio, tienen una movilidad obligada (en día laborable) dirigida a los centros de estudio y, un hábito y



una soltura en el manejo de las nuevas tecnologías superior a otras franjas de edad. Precisamente la mayor flexibilidad que ofrecen los sistemas de FFCS frente a otros tipos de carsharing se basa en las posibilidades que cada vez más ofrecen los smartphones y las redes sociales.

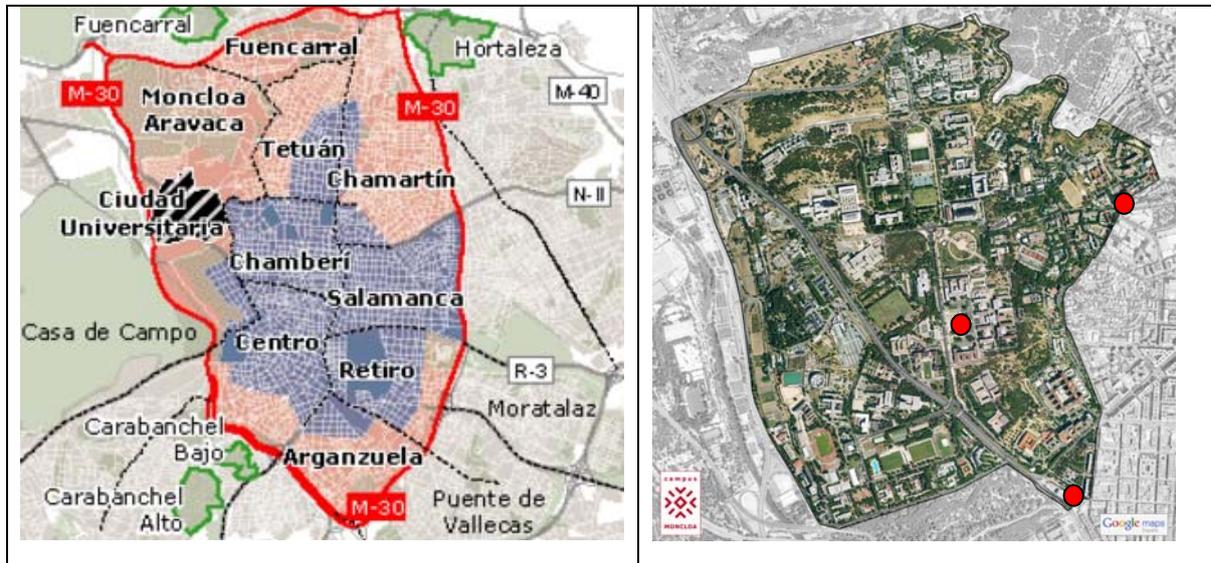


Figura 3. Localización de la zona Ciudad Universitaria respecto del cinturón orbital M-30 (izquierda) y foto área de la misma (derecha) con la localización de las estaciones de metro (círculos rojos)

La zona de Ciudad Universitaria (ver figura 3) es el centro de atracción de viajes universitarios más importante de Madrid. También conocida como “Campus de Moncloa”, está situada en el distrito de Moncloa-Aravaca, en el noroeste de la ciudad y concentra la mayor parte de las facultades y centros de las dos universidades más antiguas del área metropolitana de Madrid: Universidad Complutense y Universidad Politécnica de Madrid. Junto a ello, Ciudad Universitaria es un barrio de la ciudad localizado dentro de la M-30, lo que lo convierte en potencial destino para el sistema Car2go frente a otras zonas universitarias localizadas fuera del cinturón M-30 (como las Universidades Autónoma, Carlos III ó Rey Juan Carlos). En algunas Facultades y Escuelas de la zona existen zonas de estacionamiento de vehículos no reguladas (libres). En otras, el viario está sometido a la regulación (zona verde y zona azul). Con relación a los servicios de transporte público, el Campus Moncloa, está atendida por las líneas 3 y 6 de metro (estaciones de Ciudad Universitaria, Moncloa y Metropolitano) y principalmente por las líneas de autobuses F, G y U.

6. Metodología y resultados

La metodología en este primer estudio se ha basado en la recolección y análisis de 336 observaciones (imágenes) que revelan la disponibilidad de coches Car2go a lo largo una semana de octubre de 2016: del lunes 3 de octubre de 2016 al domingo 9 de octubre de 2016. El curso académico 2016-2017 empieza en septiembre en la mayoría de los centros educativos del Campus Moncloa, por lo que la actividad del Campus no está sesgada por el comienzo y el final del curso académico. La recolección de imágenes se sistematizó, de manera que la base de datos dispone de imágenes tomadas cada 30



minutos desde las 0:00 h del 3 de octubre a las 24 horas del 9 de octubre. Se trató de una semana sin incidencias climatológicas destacables (sin lluvia y temperaturas medias 15-20 grados). La Figura 4 muestra una de las imágenes analizadas, en las que cada icono azul de Car2go representa un coche disponible para alquilar. Las dos imágenes representan el 90% de la zona Ciudad Universitaria (a la izquierda la zona Sur, y a la derecha la zona norte). El número de coches disponibles cada 30 minutos fueron detectados, registrados e introducidos en la base de datos.

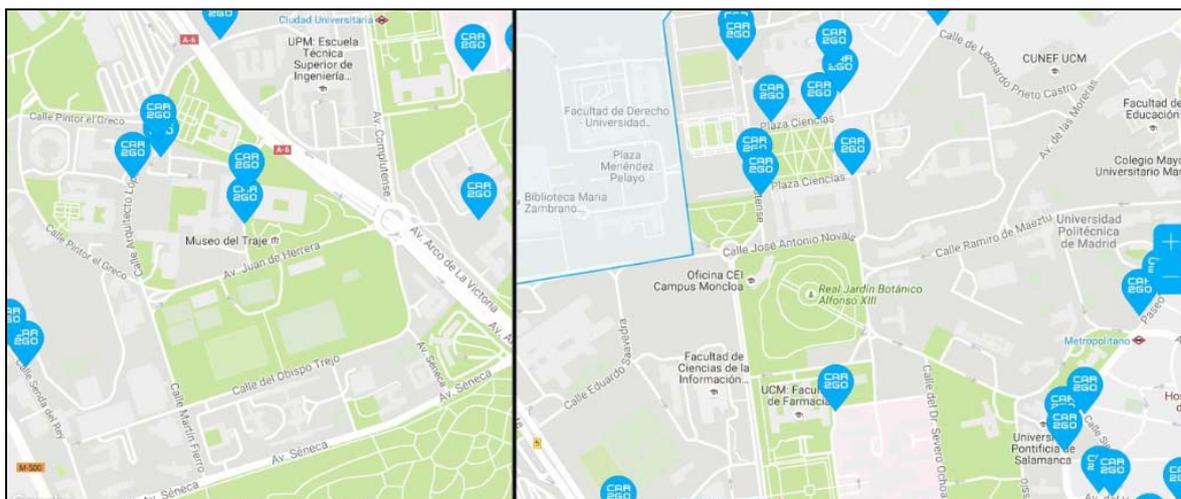


Figura 4. Ejemplo de una de las 336 observaciones obtenidas la semana del 03/10/2016 al 9/10/2016 (11:00 h del día 3 de octubre).

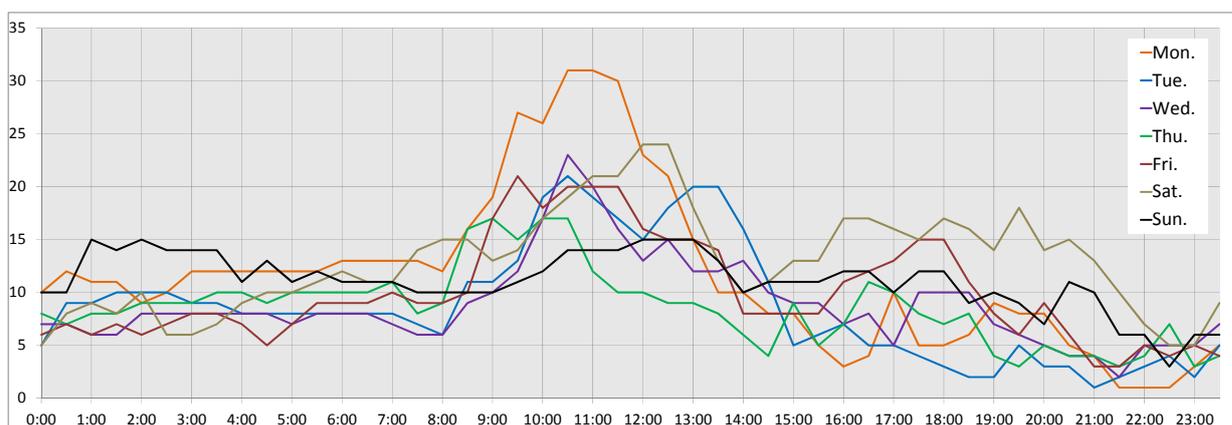


Figura 5. Evolución horaria en la disponibilidad de coches Car2go en el Campus Moncloa (semana 3/10/2016-9/10/2016).

Para poder de encontrar pautas en la movilidad en Car2go de los estudiantes, se obtuvo la evolución horaria de la disponibilidad de coches Car2go en el área de estudio. La Figura 5 muestra, incluida la franja nocturna, cómo evoluciona la disponibilidad de los coches para cada día de la semana. En el eje de ordenadas aparece el número de coches y en el de abscisas las franjas horarias (de 0:00 h a 24:00 h), registrándose el



máximo (31 coches) el lunes entre 10:30 y 11:30 de la mañana. Salvo el fin de semana, las franjas horarias de mayor actividad se empiezan a activar a las 9:00 de la mañana, alcanzando máximos entre las 10:00 y las 12:30 h. Por las tardes la actividad se reduce prácticamente a la mitad, no detectándose horas-punta singulares. De entre los días laborables, el lunes es el que claramente registra mayor demanda, seguido de miércoles, martes y jueves. El jueves es el día con menor demanda, y el viernes se recuperan los niveles de actividad, y se registran máximos en las franjas 10:30-11:30; y 17:30-18:00h.

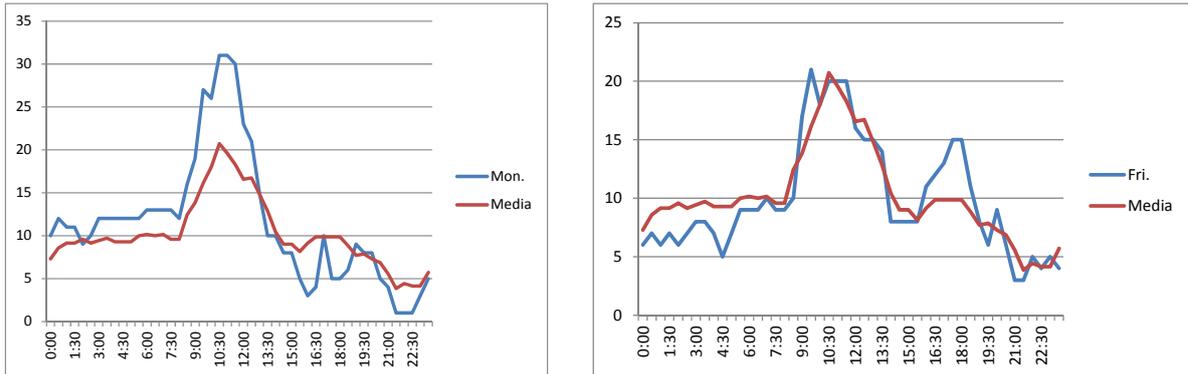


Figura 6. Evolución del número de coches Car2go en el Campus para el lunes (izquierda) y viernes (derecha). Comparación con los valores medios semanales.

Los viernes constituyen un día atípico desde el punto de vista académico: hay menor número de alumnos en las aulas y puede detectarse que la congestión en el viario del Campus es mucho menor que el resto de días laborables. Sin embargo, el viernes existe por la tarde un número máximo de coches Car2go en el Campus muy superior a la media (ver Figura 7), debido probablemente a que empieza una actividad que se prolonga al sábado: el estudio en las bibliotecas. Las bibliotecas del Campus abren los sábados, pero cierran los domingos. Estudiando el comportamiento del sábado, se registran máximos concentrados entre las 12:00 y 13:00 h por la mañana, y diseminados a lo largo de toda la tarde. Durante los fines de semana, aunque la disminución en la frecuencia de trenes de metro no es grande, sí es cierto que dejan de funcionar principales autobuses que sirven en exclusividad al Campus (líneas G y F).

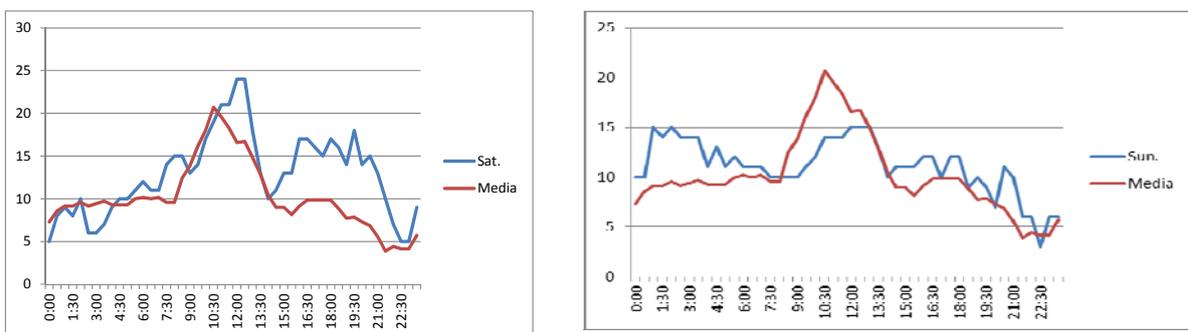


Figura 7. Evolución del número de coches Car2go en el Campus para el sábado (izquierda) y domingo (derecha). Comparación con los valores medios semanales.

El sábado constituye además un día atractivo para el uso de Car2go porque las intensidades del flujo de tráfico en las vías urbanas son más bajas, desaparece la



congestión matinal y la velocidad media por trayecto de los Car2go aumenta, suponiendo un menor coste del viaje. Además de la evolución del número de coches Car2go disponibles a lo largo del día en la zona de estudio según día de la semana, se ha estudiado su relación con la evolución en la frecuencia semanal de los servicios de transporte público ofertados en la zona, principalmente del transporte en metro. Se busca analizar si Car2go suple una deficiencia en los horarios del transporte público durante determinadas franjas horarias fuera de hora-punta. Para ello se ha recogido el número de trenes (2 sentidos de circulación) que llegan cada media hora a las estaciones de metro de “Ciudad Universitaria” y “Metropolitano”.

En la Figura 8, se han representado simultáneamente cada media hora, el número de coches Car2go disponibles en el Campus Moncloa, y el número de trenes ofertados cada media hora. En el caso del transporte público, puede apreciarse que la oferta disminuye más de un 30% en fin de semana respecto del día laborable, y en día laborable fuera del fin de semana (de lunes a viernes) la máxima frecuencia se registra en la hora punta de la mañana (entre las 7:00 h y las 9:00). A partir de esa franja horaria, la oferta baja a un 70% del máximo hasta las 20:00 h, hora en la que la frecuencia disminuye progresivamente hasta cero.

A su vez, en día laborable, los máximos de disponibilidad de Car2go (que deberían coincidir con las horas de máxima afluencia a los centros universitarios) se registran, por término medio, dos horas más tarde que los máximos de oferta en transporte público, pero no coinciden plenamente con las franjas horarias de “valle” del transporte público. Este hecho representa un indicio de que, en realidad, no existe una verdadera sustitución de Car2go por el transporte público.

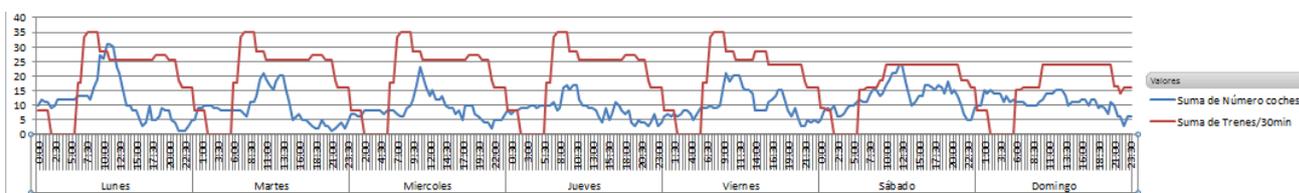


Figura 8. Comparación entre el número de vehículos Car2go existentes en el Campus Moncloa y la frecuencia de trenes en estaciones de metro. Evolución horaria semanal.

Los alumnos que acceden por la mañana al Campus Moncloa en Car2go probablemente no asistan a las primeras clases de la mañana, pero no evitan totalmente la congestión del viario urbano en la hora-punta de la ciudad. En cualquier caso, necesitamos definir mejor el perfil de este usuario, probablemente mediante la realización futura de una campaña de encuestas. El comportamiento de los usuarios de Car2go los sábados sí que atienden a un contexto de comportamiento más claro: el Campus Moncloa tiene una oferta de transporte público más baja los sábados, la poca congestión del viario urbano hace que Car2go sea más barato de utilizar que otros días de la semana y las bibliotecas universitarias ofrecen un escenario para compartir viaje muy atractivas. Junto a ello, las



zonas de aparcamiento de los centros universitarios suelen estar menos saturadas de coches los sábados, lo que garantiza un tiempo de aparcamiento bajo en destino.

7. Conclusiones

La incursión, en las ciudades, de nuevos tipos de carsharing más flexibles, como el FFCS, basados en el uso de las nuevas tecnologías de la información, abre el marco del transporte urbano a nuevas formas de movilidad cuyo impacto real sobre el transporte público y el medioambiente no se conoce todavía. La literatura sobre los impactos del FFCS en la movilidad de las ciudades es escasa, y se centra en el análisis de casos de estudio concretos y en la realización de campañas de encuestas a los actuales usuarios de los sistemas de FFCS. Aunque si el FFCS se realiza con vehículo eléctrico, las ventajas medioambientales pueden parecer inicialmente claras, resulta primordial conocer si el FFCS actúa principalmente como sustituto del transporte público o del vehículo privado. También interesa conocer si el usuario de FFCS está realizando más kilómetros en coche desde que es usuario de FFCS y cómo afectan estos comportamientos al sistema de transporte público de una ciudad.

El análisis de la movilidad en Car2go en el Campus Moncloa de Madrid representa el primer caso de estudio español de un sistema de FFCS. Aunque es necesario realizar una campaña de encuestas para definir el perfil del estudiante que utiliza Car2go y sus antecedentes como usuario de transporte público, un primer análisis de la evolución horaria semanal del número de coches Car2go disponibles en la zona de estudio refleja unas franjas horarias de máximos muy reveladoras, no ligadas a la oferta de transporte público. A su vez, la disponibilidad de coches en fin de semana revela una elevada demanda de FFCS el sábado, coincidiendo con la apertura de las bibliotecas universitarias, la menor congestión del viario urbano y una menor oferta de transporte público.

REFERENCIAS

Ayuntamiento de Madrid (2005). Ordenanza de Movilidad para la Ciudad de Madrid. Acuerdo Pleno de 26 de septiembre 2005. BOCM núm. 247 de 17 octubre 2005. Modificada por Acuerdo Pleno de 27 de junio de 2012. BOCM núm. 154 de 29 de junio de 2012.

Ayuntamiento de Madrid (2012). Ordenanza Fiscal Reguladora de la Tasa por Estacionamiento de Vehículos en Determinadas Zonas de la Capital y de delimitación de la Zona de Estacionamiento Regulado. Acuerdo Pleno de 9 de octubre 2001. Modificada por Acuerdo Pleno de 21 de diciembre de 2012. BOCM núm. 309 de 28 de diciembre de 2012.

Ciari, F.; Bock, B and Balmer, M. (2014). Modeling station-based and Free-Floating Carsharing demand test case study for Berlin. *Transportation Research Record*, N. 2416. pp 37-47.

Firnorn, J. and Müller, M. (2011). What will be the environmental effects of new free-floating car-sharing systems? The case of car2go in Ulm. *Ecological Economics*, 70, Issue 8, pp 1519–1528



Herrmann, S., Schulte F., Voß, S. (2014) Increasing Acceptance of Free-Floating Car Sharing Systems Using Smart Relocation Strategies: A Survey Based Study of car2go Hamburg. Volume 8760 of the series Lecture Notes in Computer Science pp 151-162.

Loose, W. (2010). The state of European car-sharing. Tech. rep., Bundesverband Car-Sharing.

Martin, E. and Shaheen, S. (2016) The Impacts of Car2go on Vehicle Ownership, Modal Shift, Vehicle Miles Traveled, and Greenhouse Gas Emissions: An Analysis of Five North American Cities. UC. Berkeley. Transportation Sustainability Research Center. Working Paper. July 2016

Raviv, T., Tzur, M., Forma, I.A.(2013). Static repositioning in a bike-sharing system: Models and solution approaches. EURO Journal on Transportation and Logistics 2, 187–229.

Schulte, F. and Voß, S. (2015). Decision support for environmental-friendly vehicle relocations in freefloating car sharing systems: The case of car2go. Procedia CIRP 30 (2015), pp. 275 – 280. 7th Industrial Product-Service Systems Conference - PSS, industry transformation for sustainability and business.

Song, D., Dong, J.(2011). Effectiveness of an empty container repositioning policy with flexible destination ports. Transport Policy 18, 92–101.

Wielinsk, G., Trépanier, M.; Morency, C. (2015) What about free-floating carsharing? A look at the Montreal, Canada, case. Transportation Research Record, N.2015.