



# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

## IMPACTO MEDIOAMBIENTAL Y ECONÓMICO DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE COMPARTIDO EN UNA CIUDAD

Autor: D. Álvaro Camuñas Serrada

Director: D. Luis Álvarez Cervela

Madrid

Junio de 2019





# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

## IMPACTO MEDIOAMBIENTAL Y ECONÓMICO DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE COMPARTIDO EN UNA CIUDAD

Autor: D. Álvaro Camuñas Serrada

Director: D. Luis Álvarez Cervela

Madrid

Junio de 2019



## **AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO**

### ***1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.***

El autor **D. Álvaro Camuñas Serrada** DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: **Impacto Medioambiental y Económico de la implantación de un Sistema de Transporte Compartido en una ciudad**, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

### ***2º. Objeto y fines de la cesión.***

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

### ***3º. Condiciones de la cesión y acceso***

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

### ***4º. Derechos del autor.***

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

### ***5º. Deberes del autor.***

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

**6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.**

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a ...21... de ...Junio..... de ...2019

**ACEPTA**

Fdo..........

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título **IMPACTO MEDIOAMBIENTAL Y ECONÓMICO DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE COMPARTIDO EN UNA CIUDAD** en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2º MII es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: **D. Álvaro Camuñas Serrada**

Fecha: 21 / 06 / 2019



Autorizada la entrega del proyecto  
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: **D. Luis Álvarez Cervela**

Fecha: 20 / 06 / 2019









# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

## IMPACTO MEDIOAMBIENTAL Y ECONÓMICO DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE COMPARTIDO EN UNA CIUDAD

Autor: D. Álvaro Camuñas Serrada

Director: D. Luis Álvarez Cervela

Madrid

Junio de 2019



# IMPACTO MEDIOAMBIENTAL Y ECONÓMICO DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE COMPARTIDO EN UNA CIUDAD

**Autor: Camuñas Serrada, Álvaro.**

Director: Álvarez Cervela, Luis.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

## **RESUMEN DEL PROYECTO:**

### **Introducción**

La movilidad, junto con las tecnologías que engloban al transporte, se ha convertido a lo largo de la historia en uno de los rasgos que definen la sociedad debido al impacto que tiene sobre ella. Las instituciones políticas, encargados de tomar las decisiones sobre infraestructura y normativa que afecten al transporte, cada día con más frecuencia están intentando avanzar hacia un concepto conocido como movilidad sostenible. *“La movilidad sostenible es aquella capaz de satisfacer las necesidades de la sociedad de moverse libremente, acceder, comunicarse, comercializar y establecer relaciones sin sacrificar otros valores humanos o ecológicos básicos actuales o del futuro”* (WBCSD, 2001). En ella, se intenta establecer un equilibrio entre los beneficios y costes que existen en el sector del transporte, donde se evalúan los riesgos e inconvenientes derivados de un crecimiento descontrolado en el sector. La Ley 2/2011 del 4 de marzo, de Economía Sostenible, impone la obligatoriedad de la realización de un PMUS (Plan de Movilidad Urbana Sostenible) y los resultados que este documento estratégico arroja, suponen una nueva reflexión y visión de las ciudades en clave sostenible. Actualmente el 54% de los municipios españoles de más de 15.000 habitantes tienen redactado o están redactando un PMUS, es por ello de vital importancia situar el foco del problema y por tanto de la solución, en las ciudades, y como objetivo, el automóvil de combustión de uso individual como eje de las oportunidades de mejora.

Hoy en día existen varias medidas que van dirigidas a la reducción y prevención de acciones que tengan un impacto negativo en el medio ambiente. Entre ellas queremos destacar la medida estudiada en este proyecto: la utilización de un sistema de transporte compartido (STC). Dichos sistemas tienen como objetivo la utilización de vehículos sostenibles, de dos y cuatro ruedas, que favorezcan la movilidad sostenible y ayuden a reducir el uso de vehículos de combustión y por tanto, las emisiones que estos producen. El negocio del transporte compartido ha explotado en

Madrid como no lo ha hecho en ninguna de las demás ciudades europeas. Coches, motos, bicis o patinetes están a disposición de los usuarios, haciendo que el transporte alternativo en Madrid haya llenado sus calles y cambiado la movilidad en la misma.

En este proyecto estudiaremos tanto el impacto medioambiental como económico que implica instalar y usar un sistema de transporte compartido en la ciudad de Madrid. Los sistemas estudiados abarcarán diversos vehículos, desde automóviles y motocicletas hasta bicicletas y patinetes; todos ellos eléctricos. Se observarán los niveles de emisiones que estos sistemas de transporte conllevan, y se compararán con los emitidos por vehículos convencionales para ver el impacto que producen y las emisiones que se pueden evitar haciendo uso de ellos.

Además, se realizará un análisis económico para observar el coste anual de tener un vehículo privado frente al uso de uno compartido. Analizando así la opción más económica para cada persona en función de los kilómetros recorridos anualmente.

## **Metodología**

Los datos de emisiones de los vehículos a estudiar se tomarán de proyectos o entidades que hayan utilizado un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para obtener dichos resultados. El análisis de ciclo de vida tendrá como objetivo la obtención de las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> de los vehículos, ya que son los gases más representativos de la contaminación atmosférica producida por el tráfico rodado. El ACV se realiza con el fin de analizar las emisiones durante todas las etapas de vida de los vehículos sin excepción y por tanto, poder llevar a cabo estrategias de mejora ambiental. Las etapas de un producto serán: adquisición de materias primas, proceso y fabricación, uso y mantenimiento, y por último, reciclaje y gestión de residuos.

La realización de un ACV no se puede realizar de cualquier manera, sino que está sujeto a un marco normativo con el que hay que aplicar dos normas internacionales: UNE-EN ISO 14040 (Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia. Diciembre 2006) y UNE-EN ISO 14044 (Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices. Diciembre 2006). Para que los resultados obtenidos en un ACV sean fiables han de haber seguido dichas normas. Destacamos la importancia de que los análisis se hayan realizado con el criterio de un ACV, puesto que en los vehículos eléctricos es necesario estudiar las emisiones producidas durante todas las etapas de vida del vehículo; son muy bajas durante la etapa de uso mientras que son más altas durante la extracción de materiales y la fabricación del vehículo.

Para poder calcular el impacto económico del uso de un sistema de transporte compartido frente al transporte convencional, se analizarán todos los costes asociados a la posesión y al uso de un vehículo privado para luego compararlo con los gastos que implicaría el uso de un STC. Para este proyecto, hemos decidido sólo analizar el vehículo cuyo sistema de transporte compartido está teniendo mayor impacto en la sociedad, el coche, que se comparará con el *carsharing*. Se calculará también el punto de equilibrio a partir del cual es más económico para el usuario comprar un coche, en vez de utilizar el *carsharing*; basándonos en los km recorridos al año.

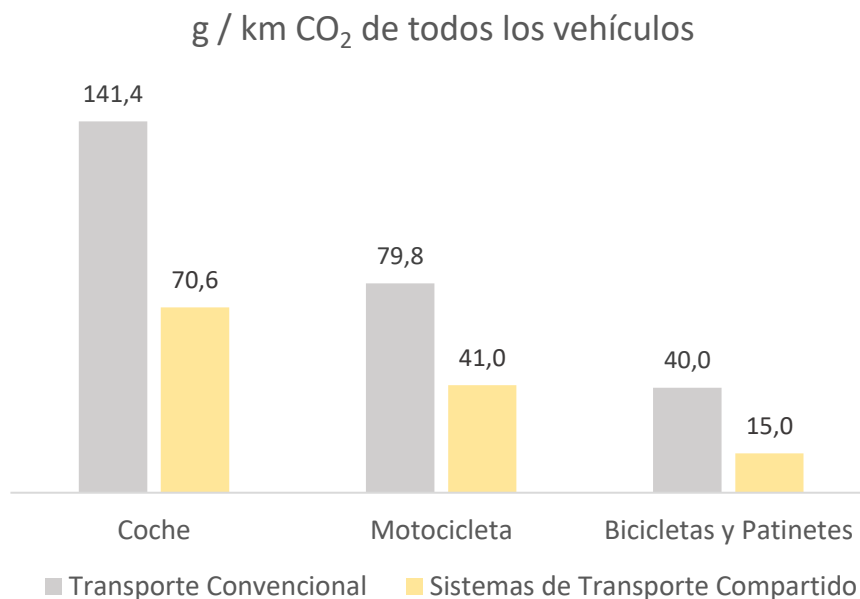
A la hora de tener un coche, estudiaremos tres tipos de costes económicos: los costes fijos, los variables y el coste financiero. Entre los costes fijos incluiremos: el impuesto de matriculación, el seguro, el impuesto de vehículos de tracción mecánica y la inspección técnica de vehículos (ITV). A estos costes fijos se podría añadir también el alquiler de una plaza de garaje; en Madrid puede llegar a valores anuales muy altos. Sin embargo, no vamos a incluirlo, ya que no todo el mundo posee una y mucha gente aparca en la calle cerca de su domicilio.

En cuanto a los costes variables; aquellos que dependen directamente del uso que se le dé al vehículo, se tendrán en cuenta los gastos en mantenimiento y en combustible. Estos gastos se calcularán estimando el uso del vehículo teniendo en cuenta el precio de la gasolina y los mantenimientos que requerirá el vehículo a lo largo de su vida útil. El coste financiero será el coste de oportunidad que analizará la inversión de capital que no se ha dejado de realizar debido a la compra del vehículo.

## **Resultados y Conclusiones**

En el análisis medioambiental, tal y como se menciona en el proyecto tanto la bicicleta como el patinete eléctricos no tienen un homólogo de combustión (o lo tienen, pero de manera poco relevante en el mercado), se ha analizado el tipo de usuario de estos servicios y la alternativa en caso de no usar esos vehículos; el transporte público. Por ello, por un lado, se compararán las emisiones de los coches y las motocicletas de los sistemas de transporte compartido con sus homólogos de combustión, y por otro, las bicicletas y patinetes eléctricos con el transporte público.

Una vez obtenidas las emisiones de CO<sub>2</sub> (en g/km) de todos los vehículos estudiados en este proyecto, utilizando un Análisis del Ciclo de Vida, se han introducido en la siguiente gráfica para observar su comparación:



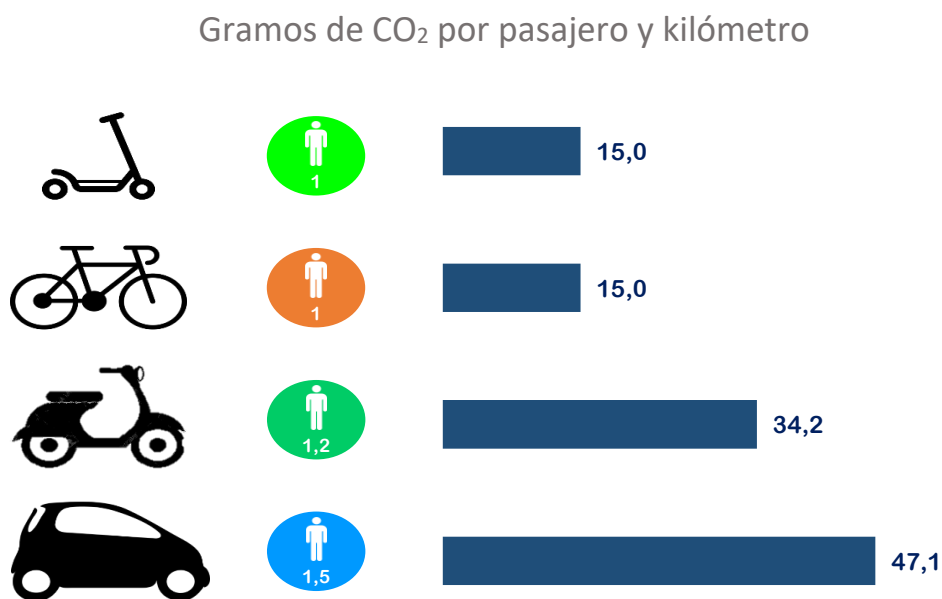
Como era de esperar, los vehículos de mayor tamaño y motor presentan unos niveles de emisiones superiores, siendo el coche el transporte con unos niveles mayores de CO<sub>2</sub> seguido por las motocicletas y terminando con las bicicletas y patinetes eléctricos. Estos niveles nos muestran que, en caso de utilizar un sistema de transporte compartido que tuviese como vehículo un coche o una motocicleta en vez de su homólogo de combustión, supondría la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 50%. Y en el caso de que fuésemos usuarios del transporte público, el uso de las bicicletas o patinetes eléctricos de los STC reduciría las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 63%.

Para ver el impacto que está teniendo la utilización de un STC en una ciudad, hemos calculado el uso de dicho sistema en la ciudad de Madrid en la actualidad. Además, hemos analizado y comparado las emisiones con aquellas que serían fruto del uso del transporte convencional. Con todo ello, podremos observar los niveles de CO<sub>2</sub> que se están evitando emitir a la atmósfera y se muestran en la siguiente tabla:

	Emisiones evitadas en g CO <sub>2</sub> /km	Emisiones evitadas diarias [kg CO <sub>2</sub> ]	Emisiones evitadas anuales [Ton CO <sub>2</sub> ]
<i>Carsharing</i>	70,8	3.009	<b>1.098</b>
<i>Motosharing</i>	38,8	485	<b>177</b>
<i>Bicycle sharing</i>	25,0	575	<b>210</b>
<i>Scooter sharing</i>	25,0	164	<b>60</b>

Se observa como el uso de un sistema de transporte compartido tiene un gran impacto en las emisiones que se producen en una ciudad; siendo el sistema de *Carsharing* el que mayor impacto produce evitando emitir 1.098 toneladas de CO<sub>2</sub> al medio ambiente cada año.

Para la elección del sistema de transporte compartido más sostenible, debemos tener en cuenta además la ocupación media que tiene cada vehículo. Esto es importante ya que los vehículos de mayor tamaño y motor son los que más emisiones producen, pero a la vez, son los que tienen capacidad para poder llevar a más de un pasajero, por lo que será muy importante calcular el impacto por usuario y no por vehículo. En el siguiente esquema podemos observar las emisiones de CO<sub>2</sub> (g/km) por usuario de los principales sistemas de transporte compartido en Madrid:



Mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los patinetes y bicicletas eléctricas se han mantenido iguales (sólo admiten un pasajero por vehículo); las emisiones del *carsharing* y *motosharing* se han visto reducidas considerablemente al llevar de media a más de un pasajero por vehículo. Aun así, debido a su tamaño reducido y a las bajas emisiones, los sistemas de transporte más sostenibles seguirían siendo la bicicleta y el patinete.

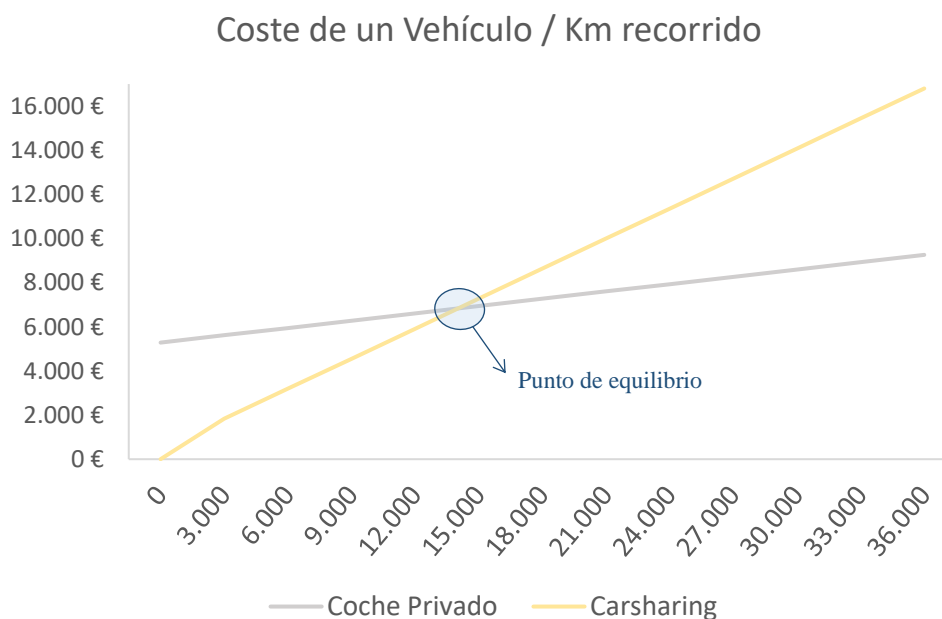
En cuanto al análisis económico, para poder comparar el gasto anual del uso de un sistema de *carsharing* como alternativa al coche privado, hemos analizado por un lado los costes asociados al uso de un coche privado que recorre una media de 12.000 km al año y por otro, el coste que supondría utilizar un servicio de *carsharing* que quisiese satisfacer el uso habitual de ese coche privado. Como resumen, se han obtenido los costes recogidos en la siguiente tabla:

	Km anuales	Coste Fijos	Costes Variables	Coste Financiero	Costes Anuales
Coche Privado	12.000	2.854€	1.325€	2.429€	<b>6.608,48€</b>
<i>Carsharing</i>	12.000	-	-	-	<b>5.967,35€</b>

Observamos que si el poseedor de un vehículo privado que recorre de media 12.000 km al año, utilizando su vehículo a diario, decidiese hacer todos los recorridos con un servicio de *carsharing*, le supondría un ahorro anual del 11%. Se ha tenido en cuenta también que hay viajes que no pueden ser satisfechos por el servicio de un *carsharing* ya que se producen en el exterior del anillo central M-30, (aunque cada vez más los servicios de *carsharing* se extienden fuera de este perímetro incluso hasta otros municipios) por lo que también se ha añadido el coste de alquilar un vehículo para realizar esos viajes.

De todos los costes asociados a la posesión de un vehículo privado, el 43% son debidos a los costes fijos, un 37% al coste financiero y un 20% está representado por costes variables anuales. De los costes anuales de un sistema de *carsharing*, el 91% será debido al uso de este tipo de sistema en la zona interior de la M-30 y solamente el 9% restante provendrá del alquiler de un vehículo para su uso fuera de esta zona.

Estos resultados están calculados en función de un conductor medio que realiza unos 12.000 km al año, la media anual en España. Pero no todos recorren la misma distancia y por ello, a aquellos que realizan más km al año les saldría más económico la compra de un vehículo privado en vez del uso del *carsharing*. Por ello, hemos calculado ese punto de equilibrio que se muestra en la siguiente gráfica:





Igualando ambas rectas de costes, se halla que el punto de equilibrio se encuentra en los 13.868 km anuales. Estos resultados indican que cualquier persona que haga menos de 13.868 km al año y tenga a su disposición la posibilidad de utilizar un sistema de *carsharing*, éste le va a salir más económico que la compra de un vehículo privado medio.



## ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC IMPACT OF THE IMPLEMENTATION OF A SHARED TRANSPORTATION SYSTEM IN A CITY

**Author: Camuñas Serrada, Álvaro.**

Director: Álvarez Cervela, Luis.

Partner Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

### **PROYECT SUMMARY:**

#### **Introduction**

Mobility, together with the technologies that encompass transport, has become throughout history one of the defining features of society due to the impact it has on it. The political institutions, responsible for making decisions on infrastructure and regulations that affect transport, are trying to move towards a concept known as sustainable mobility. *"Sustainable mobility is one that is capable of satisfying the needs of society to move freely, access, communicate, market and establish relationships without sacrificing other current or future basic human or ecological values"* (WBCSD, 2001), where an attempt to establish a balance between the benefits and costs that exist in the transport sector, where the risks and disadvantages derived from uncontrolled growth in the sector are evaluated. The Law 2/2011, of March 4, of Sustainable Economy, imposes the obligatory nature of the realization of a PMUS, plans of sustainable urban mobility, and the results that this strategic document throws, suppose a new reflection and vision of the cities in sustainable key. Currently 54% of the Spanish municipalities of more than 15,000 inhabitants are drafted or are writing a PMUS, it is therefore of vital importance to place the focus of the problem and therefore the solution, in the cities, and as an objective, the automobile of combustion for individual use, as an axis of improvement opportunities

Today there are several measures that are aimed at reducing and preventing actions that have a negative impact on the environment. Among them we want to highlight the measure studied in this project: the use of a shared transport system (STS). The objective of these systems is the use of sustainable vehicles, with two or four wheels, that favor sustainable mobility and help reduce the use of combustion vehicles and, therefore, the emissions they produce. The shared transport business has arrived and developed in Madrid as it has not done in any of the other European cities.

Cars, motorcycles, bikes or scooters are available to users, making alternative transport filled the streets of Madrid and changed mobility in it.

In this project we will study both the environmental and economic impact of installing and using a shared transportation system in the city of Madrid. The systems studied will cover various vehicles, from cars and motorcycles to bicycles and scooters; all of them electric. The levels of emissions that these transportation systems entail will be observed and compared with those emitted by conventional vehicles to see the impact they produce and the emissions that can be avoided by using them.

In addition, an economic analysis will be conducted to observe the annual cost of having a private vehicle versus the use of a shared one. Analyzing the most economical option for each person based on the kilometers they travel annually.

## **Methodology**

The emissions data of the vehicles to be studied will be taken from projects or entities that have used a Life Cycle Analysis (LCA) to obtain said results. The life cycle analysis will aim to obtain the CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions of the vehicles, since they are the most representative gases of the air pollution produced by road traffic. The LCA is carried out in order to analyze the emissions during all the life stages of the vehicles without exception and, therefore, to be able to carry out environmental improvement strategies. The stages of a product will be: extraction of raw materials, manufacture, use and maintenance, and finally, recycling and waste management.

A LCA cannot be done in any way, it is subject to a regulatory framework with which two international standards must be applied: UNE-EN ISO 14040 (Environmental Management, Life Cycle Analysis, Principles and Framework reference, December 2006) and UNE-EN ISO 14044 (Environmental Management, Life Cycle Analysis, Requirements and guidelines, December 2006). For the results obtained in a LCA to be reliable, they must have followed these rules. We emphasize the importance that the analyzes have been carried out with the criteria of an LCA, since in electric vehicles it is necessary to study the emissions produced during all the life stages of the vehicle; They are very low during the use stage while they are higher during the extraction of materials and the manufacture of the vehicle.

In order to calculate the economic impact of using a shared transport system compared to conventional transport, all the costs associated with the possession and use of a private vehicle will be analyzed and then compared with the costs that would be incurred using an STC. For this project, we have decided to only analyze the vehicle whose shared transport system is having the greatest impact on society, the car, which will be compared with a carsharing system. We will also calculate the equilibrium point from which it is cheaper for the user to buy a car, instead of using carsharing; based on the kilometers traveled per year.

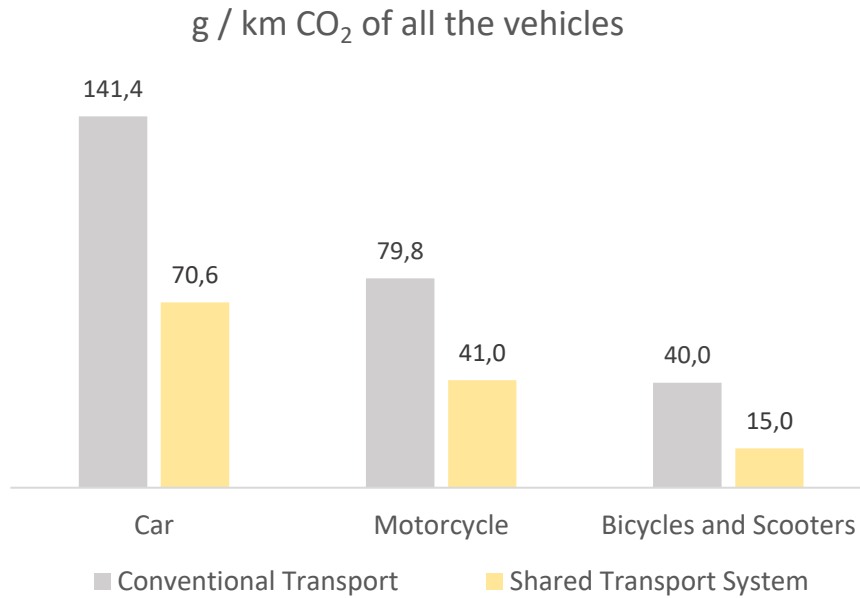
When it comes to buying and owning a private car, we will study three types of economic costs: the fixed costs, the variables and the financial cost. The fixed costs we will include: the registration tax, the insurance, the tax of vehicles of mechanical traction and the technical inspection of vehicles. To these fixed costs we could have also added the rent of a parking space, in Madrid it can reach very high annual values. However, we are not going to include it, since not everyone has one and many people park on the street near their home.

Regarding the variable costs; those that depend directly on the use that is given to the vehicle, will be taken into account the maintenance and fuel costs. These expenses will be calculated estimating the use of the vehicle considering the price of gasoline and the maintenance that the vehicle will require throughout its useful life. The financial cost will be the opportunity cost that will analyze the capital investment that has not been made due to the purchase of the vehicle.

## **Results and Conclusions**

In the environmental analysis, as mentioned in the project both the electric bicycle and the scooter do not have a combustion counterpart (or have it, but in a manner that is not very relevant in the market), so we have analyzed its type of user and the alternative they would use instead of using those vehicles; it would be the public transport. For this reason, on the one hand, we will compare the emissions of cars and motorcycles of shared transport systems with their combustion counterparts, and on the other hand, bicycles and electric scooters with public transport.

Once obtained the CO<sub>2</sub> emissions (in g/km) of all the vehicles studied in this project, using a Life Cycle Analysis, they have been introduced in the following graph to observe their comparison:



As expected, the vehicles with larger size and engines have higher emission levels, the car being the transport with higher levels of CO<sub>2</sub> followed by motorcycles and ending with electric bicycles and scooters. These levels show us that, if we use a shared transport system that has as vehicle a car or a motorcycle instead of its combustion counterpart, it would mean we are reducing the CO<sub>2</sub> emissions by 50%. And in the case that we were users of public transport, the use of a bicycle or scooter from a STC would reduce the CO<sub>2</sub> emissions by 63%.

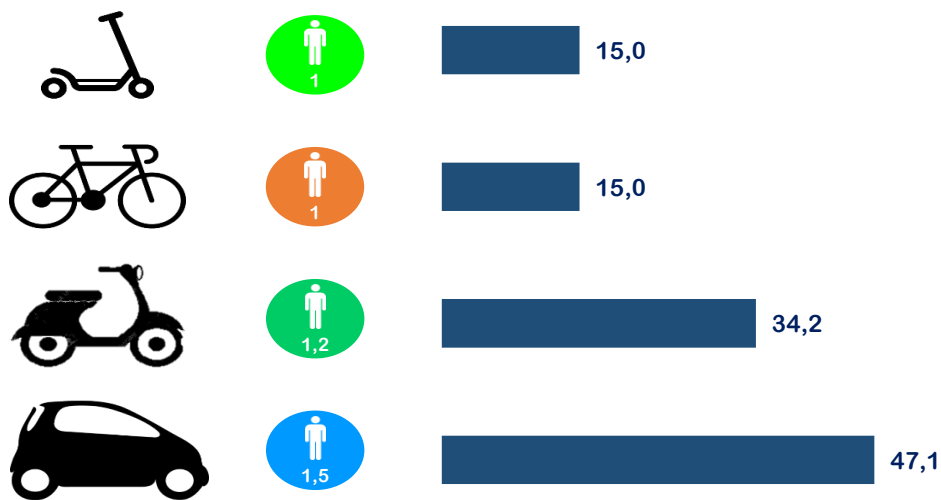
To study the impact of using an STC in a city, we have calculated the use of such a system in the city of Madrid today. We have also analyzed and compared the emissions with those that would be the result of the use of conventional transport. With all this, we can observe the levels of CO<sub>2</sub> that are being avoided emitting into the atmosphere and are shown in the following table:

	Emissions avoided in g CO <sub>2</sub> /km	Emissions avoided daily [kg CO <sub>2</sub> ]	Emissiones avoided annually [Ton CO <sub>2</sub> ]
<i>Carsharing</i>	70,8	3.009	<b>1.098</b>
<i>Motosharing</i>	38,8	485	<b>177</b>
<i>Bicycle sharing</i>	25,0	575	<b>210</b>
<i>Scooter sharing</i>	25,0	164	<b>60</b>

We can observe how the use of a shared transport system has a great impact on the emissions that occur in a city; The Carsharing system being the one with the greatest impact, avoiding the emission of 1,098 tons of CO<sub>2</sub> into the environment every year.

In order to choose the most sustainable shared transport system, we must also take into account the average occupation of each vehicle. This is important since larger vehicles produce the most emissions, but at the same time, they are the ones that have the capacity to carry more than one passenger, so it will be very important to calculate the impact per user and not by vehicle. In the following scheme we can observe the CO<sub>2</sub> emissions (g/km) per user of the main shared transport systems in Madrid:

Grams of CO<sub>2</sub> per passenger and kilometer



While the CO<sub>2</sub> emissions produced by electric scooters and bicycles have remained the same (only one passenger per vehicle is allowed); emissions from carsharing and motosharing have been reduced considerably as they can carry more than one passenger per vehicle. Even so, due to its small size and low emissions, the most sustainable transport systems would still be the electric bicycle and scooter.

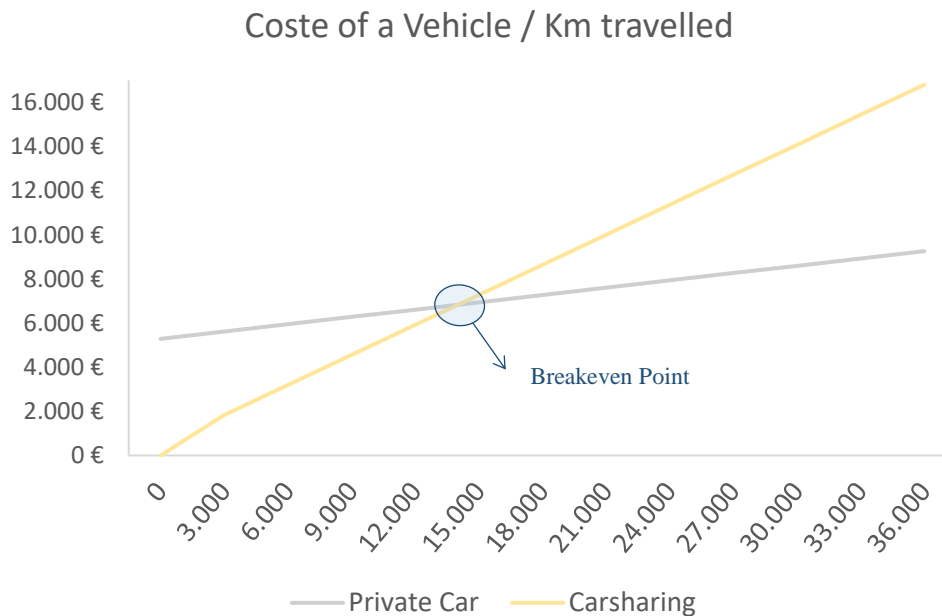
As for the economic analysis, in order to compare the annual cost of using a carsharing system as an alternative to the private car, we have analyzed the costs associated with buying and the use of a private car that travels an average of 12,000 km per year. Then, we compared it to the cost of using a carsharing service that wanted to satisfy the usual use of that private car. As a summary, the costs collected have been presented in the following table:

	Km anual	Fixed Costs	Variable Costs	Financial Cost	Anual Costs
Private Car	12.000	2.854€	1.325€	2.429€	6.608,48€
Carsharing	12.000	-	-	-	5.967,35€

We observe that, if the owner of a private vehicle that travels on average 12,000 km a year using his vehicle daily, decided to do all the trips with a carsharing service, it would be cheaper at the end of the year (11% cheaper). However, we must also take into account the trips that cannot be satisfied by a carsharing service, for example, those that are outside the M-30. Therefore, the cost of renting a vehicle for this type of trips has been included in the study.

Of all the costs associated with owning a private vehicle, 43% are due to fixed costs, 37% to the financial cost and 20% are represented by annual variable costs. Of the annual costs of a carsharing system, 91% will be due to the use of this type of system in the interior of the M-30 and only the remaining 9% will come from the rental of a vehicle for use outside this area.

These results are calculated based on an average driver who performs about 12,000 km per year, the annual average in Spain. But not everybody travels the same distance and therefore, for those who make more km a year would it would be cheaper to buy a private vehicle instead of the use of carsharing. Therefore, we have calculated that breakeven point as shown in the following graph:



Equaling both cost lines, the breakeven point is located at 13,868 km per year. These results indicate that anyone who makes less than 13,868 km per year and has the possibility of using a carsharing system, this will be cheaper than buying a private vehicle.







# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN</b> .....	27
1.1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO .....	27
1.1.1. Motivación y objetivos del proyecto.....	27
1.2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	29
1.2.1. Parque automovilístico español y madrileño .....	29
1.2.2. Impacto del tráfico en el medio ambiente y en la salud.....	31
1.2.3. Contaminación en Madrid y su movilidad sostenible.....	35
1.2.4. Maneras de reducir el impacto de un coche en una ciudad.....	39
1.2.5. Beneficios del uso de vehículos eléctricos.....	41
1.2.6. Normativas y Regulación de los vehículos eléctricos.....	43
<b>CAPÍTULO 2 : SISTEMAS DE TRANSPORTE COMPARTIDO</b> .....	45
2.1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE COMPARTIDO .....	45
2.1.1. <i>Carsharing</i> en Europa.....	45
2.2. VEHICLESHARING EN MADRID.....	47
2.2.1. Sistemas existentes .....	47
2.2.1.1. Automóviles - <i>Carsharing</i> .....	47
2.2.1.2. Motocicletas - <i>Motosharing</i> .....	49
2.2.1.3. Bicicletas – <i>Bicycle sharing</i> .....	50
2.2.1.4. Patinetes – <i>Scooter sharing</i> .....	51
2.2.2. Normativas que rigen al transporte compartido en Madrid .....	52
<b>CAPÍTULO 3 : OBJETIVO Y ELEMENTOS DE ESTUDIO</b> .....	55
3.1. DEFINICIÓN DEL PROCESO .....	55
3.2. SELECCIÓN DE SISTEMAS PARA EL ESTUDIO.....	56
3.2.1. <i>Carsharing</i> – Car2go .....	56
3.2.2. <i>Motosharing</i> – eCooltra .....	58
3.2.3. <i>Bicycle sharing</i> – BiciMAD.....	61
3.2.4. <i>Scooter sharing</i> - Lime .....	62
<b>CAPÍTULO 4 : ALCANCE DEL ESTUDIO</b> .....	65
4.1. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL .....	65

4.1.1. Análisis del Ciclo de Vida de los vehículos.....	65
4.2. IMPACTO ECONÓMICO.....	67
4.2.1. Costes a analizar de un coche privado .....	67
<b>CAPÍTULO 5 : ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>69</b>
5.1. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL .....	69
5.1.1. Automóvil y Motocicleta .....	69
5.1.2. Bicicleta y Patinete eléctricos vs Transporte público .....	72
5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	75
5.2.1. Costes asociados a la posesión de un coche privado .....	75
5.2.1.1. Costes Fijos.....	75
5.2.1.2. Costes Variables .....	78
5.2.1.3. Coste Financiero .....	80
5.2.2. Costes asociados al uso de un sistema de <i>carsharing</i> .....	81
<b>CAPÍTULO 6 : CONCLUSIONES .....</b>	<b>83</b>
6.1. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE TRANSPORTE COMPARTIDO.....	83
6.1.1. Elección más sostenible .....	85
6.2. IMPACTO ECONÓMICO DE LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA DE <i>CARSHARING</i> FRENTE AL COCHE PRIVADO .....	87
6.2.1. Factores que impiden el mayor uso del <i>carsharing</i> frente al vehículo privado.....	89
<b>CAPÍTULO 7 : BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>91</b>

## CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN

### 1.1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

#### 1.1.1. Motivación y objetivos del proyecto

La movilidad, junto con las tecnologías que engloban al transporte, se ha convertido a lo largo de la historia en uno de los rasgos que definen la sociedad debido al impacto que tiene sobre ella. No solo presentan una gran influencia en los estilos de vida de los ciudadanos o en el medio ambiente, sino también en la política a la hora de tomar decisiones legislativas. Estos sistemas democráticos, encargados de tomar las decisiones sobre infraestructura y normativa que afecten al transporte, cada día con más frecuencia están intentando avanzar hacia un concepto conocido como movilidad sostenible. *“La movilidad sostenible es aquella capaz de satisfacer las necesidades de la sociedad de moverse libremente, acceder, comunicarse, comercializar y establecer relaciones sin sacrificar otros valores humanos o ecológicos básicos actuales o del futuro”* (WBCSD, 2001). Conocemos este concepto como un equilibrio entre ‘movilidad’ y ‘sostenibilidad’, donde la primera abarca el avance de las tecnologías que favorezcan un desarrollo del sector del transporte y la segunda se encarga de asegurar que ese avance se hace de una manera sostenible, no a cualquier precio y teniendo en cuenta el impacto que puede tener dicho desarrollo en el medio ambiente o en la vida de los ciudadanos.

El concepto de movilidad sostenible intenta también establecer un equilibrio entre los beneficios y los costes que existen en el sector del transporte. El enfoque tradicional que se le ha dado siempre a este sector ha sido el de una infraestructura de apoyo al crecimiento económico, hasta que han aparecido las ideas de movilidad y desarrollo sostenible, donde se evalúan también los riesgos y los inconvenientes derivados de un crecimiento descontrolado en el sector. Debemos darnos cuenta de la importancia que esto conlleva, ya que el cuidado del medio ambiente se ha convertido en los últimos años en uno de los mayores retos a los que nos enfrentamos. Por ello, como hemos comentado, el concepto de movilidad sostenible ha tenido una gran influencia en la mentalidad y en la actitud de las instituciones que se encargan de implementar las políticas responsables del avance del sector teniendo en cuenta la protección del medio ambiente.

Existen una gran variedad de medidas, dirigidas a la descarbonización de nuestras ciudades: la promoción del transporte público, andar, la reintroducción de la bicicleta, medidas estructurales, como la regulación del aparcamiento o la creación de carriles de alta ocupación, reducción de la velocidad, y así podríamos enumerar una enorme cantidad de soluciones encaminadas a la mejora

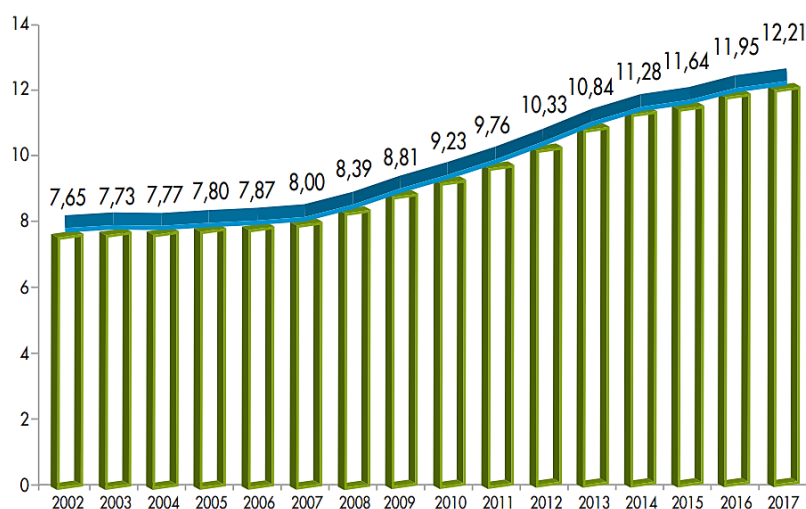
de la calidad del aire y por tanto de la vida de los ciudadanos. Todas estas medidas se establecen en el documento PMUS (Planes de movilidad urbana sostenible) de obligado cumplimiento por parte de las corporaciones locales, desde la aplicación de la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible. Los resultados que este documento estratégico arroja suponen una nueva reflexión y visión de las ciudades en clave sostenible. Actualmente, el 54% de los municipios españoles de más de 15.000 habitantes tienen redactado o están redactando un PMUS (APTeMUS, 2019). Observamos como se implantan medidas que van dirigidas a la reducción y prevención de acciones que tengan un impacto negativo en el medio ambiente y entre ellas, queremos destacar la medida estudiada en este proyecto, la utilización de un sistema de transporte compartido. Dichos sistemas tienen como objetivo la utilización de vehículos sostenibles, de dos y cuatro ruedas, que favorezcan la movilidad sostenible y ayuden a reducir el uso de vehículos de combustión y por tanto las emisiones que estos producen. En este proyecto estudiaremos el impacto medioambiental y económico que implica el instalar un sistema de transporte compartido en la ciudad de Madrid. Los sistemas estudiados abarcarán diversos vehículos, desde automóviles y motocicletas a bicicletas y patinetes, todos ellos eléctricos. Se observarán los niveles de emisiones que estos sistemas de transporte conllevan y se compararán con los emitidos por los vehículos convencionales para ver el impacto que producen y las emisiones que se pueden evitar haciendo uso de ellos.

También se va a calcular el sistema de transporte compartido más sostenible no solo teniendo en cuenta las emisiones por vehículo, sino también las emisiones por persona, ya que algunos vehículos tienen capacidad para llevar a varios ciudadanos a la vez. Además, se realizará un análisis económico para observar el coste anual de tener un vehículo privado frente al uso de uno compartido, analizando así la opción más económica para cada persona en función de los kilómetros recorridos anualmente.

## 1.2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

### 1.2.1. Parque automovilístico español y madrileño

El parque automovilístico español es el que presenta mayor antigüedad de los principales mercados de la UE (Alemania, Reino Unido, Francia, Italia y España). En el gráfico que vemos a continuación, elaborado por ANFAC (Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones), se puede observar la evolución de la edad media de los vehículos en nuestro país en los últimos años:



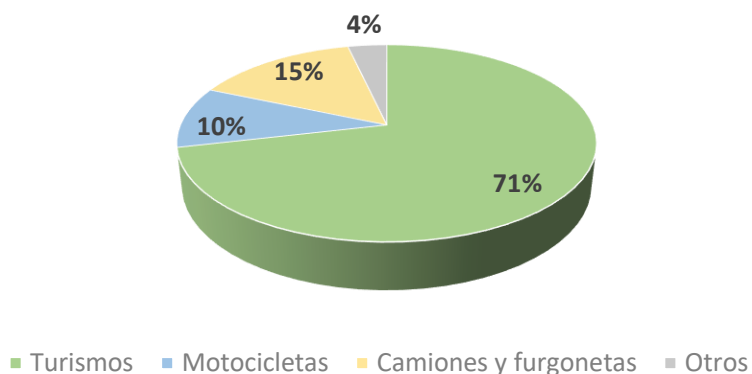
Fuente: Informe Anual 2017 elaborado por ANFAC.

La edad media del parque ha incrementado notablemente en los últimos 15 años, situándose por encima de los 12 años en 2017 (ANFAC, 2017). Esto es así a pesar de que las matriculaciones se encuentran en positivo ya que los usuarios cada vez alargan más la vida de sus vehículos y los mantienen aun cuando el estado no es el idóneo. Desde ANFAC aseguran que, si se sigue este ritmo de matriculaciones y bajas hasta 2020, como pronto no veremos una disminución en la edad media del parque, realidad que afecta gravemente al impacto que están teniendo este tipo de vehículos en las emisiones al medio ambiente. El impacto medioambiental no es el único motivo por el cual esto debería preocuparnos, sino también hay que tener en cuenta la baja seguridad que presentan algunos antiguos comparados con sus homólogos modernos.

En cuanto a la distribución de los distintos tipos de vehículos en nuestro parque, no se aprecia mucha diferencia con respecto a los años anteriores donde los turismos siguen siendo los protagonistas del parque, seguidos por los camiones y furgonetas.

Al finalizar el año 2017 el parque automovilístico español estaba constituido por un 71% de turismos, 15% de camiones y furgonetas, un 10% de motocicletas y un 4% de otros vehículos como autobuses y tractores industriales, tal y como vemos a continuación:

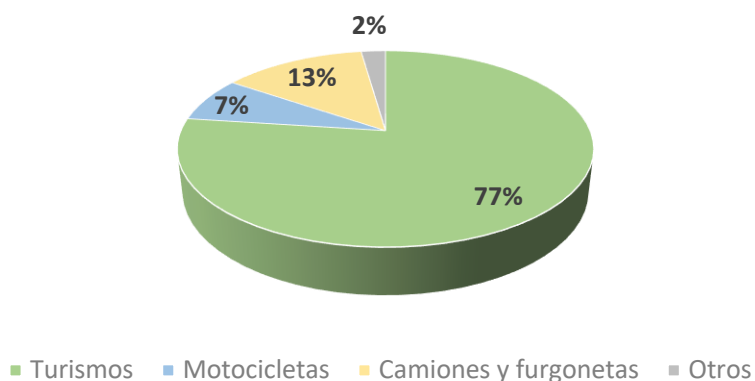
Parque automovilístico en España en 2017



Fuente: Tablas Estadísticas – Parque Automovilístico de la DGT (DGT, 2017)

Analizando el parque presente en Madrid utilizando los datos proporcionados por la DGT en su anuario estadístico, observamos como Madrid es la comunidad con mayor representación del parque nacional con un 14% de los vehículos, seguida de Barcelona con el 11% y Valencia con el 5%. La distribución de este está representada en el siguiente gráfico:

Parque automovilístico en Madrid en 2017

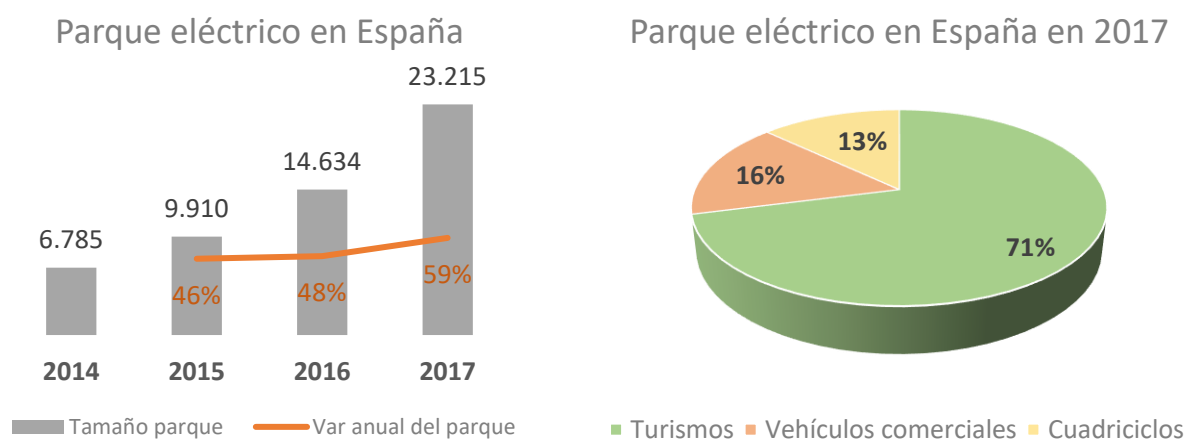


Fuente: Tablas Estadísticas – Parque Automovilístico de la DGT (DGT, 2017)

Comparando los datos con los del parque nacional, se observa una mayor presencia del automóvil en Madrid (77% vs 71%) y menor presencia del resto de los vehículos, dándole incluso más importancia por tanto a las emisiones realizadas por los turismos en esta ciudad.



También queremos analizar la evolución de vehículos eléctricos en nuestro mercado ya que son los que vamos a estudiar en este proyecto. Este tipo de vehículos ha sufrido un incremento enorme en sus ventas en los últimos años, alcanzando niveles de 8.581 unidades vendidas en 2017, un 82% mayor que el año anterior y un 175% mayor que en 2015. El incremento de ventas de este tipo de vehículos se ha visto impulsada por el lanzamiento de nuevos modelos más fiables y eficientes, acompañado de unas medidas públicas que apoyan al sector e incentivan el uso de este tipo de vehículos debido a su sostenibilidad. Debido a todo esto, en el informe especial DBK realizan una estimación del parque eléctrico en España para los próximos años, creen que en 2020 el número de vehículos eléctricos habrá alcanzado los 115.000, cinco veces mayor del existente (DBK, 2018). A continuación, podemos observar la evolución del mercado de vehículos eléctricos en España en unidades además de la distribución según tipos de vehículos:



Fuente: Informe especial DBK (DBK, 2018).

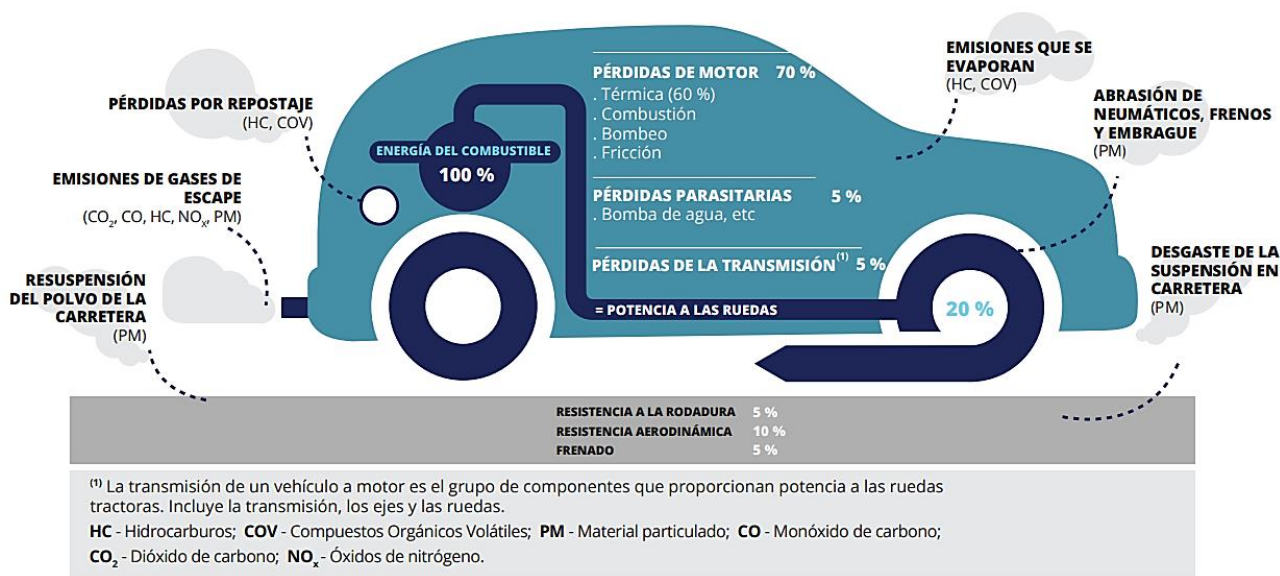
De los gráficos anteriores podemos destacar el crecimiento anual que está experimentando el mercado eléctrico en España con niveles del casi +60% el último año, además de la mayoría que también tiene el turismo en este mercado con el 71% del total del parque eléctrico.

### 1.2.2. Impacto del tráfico en el medio ambiente y en la salud

Las redes de transporte se han convertido en una característica habitual del paisaje europeo. Estas se encargan de conectar a las personas y proporcionar acceso a servicios esenciales además de impulsar la actividad económica. Estas redes de transporte están formadas por carreteras, ríos navegables, líneas de ferrocarril, carriles bici o rutas de vuelo entre otras, que además de ayudar y

facilitar la vida de los ciudadanos, afectan al medio ambiente que los rodea. Los vehículos, a través de estas líneas de transporte, son uno de los principales causantes de la liberación de contaminantes a la atmósfera, contribuyendo a la emisión de ozono y dióxido de nitrógeno entre otros. En España, los sectores que tienen mayor impacto en las emisiones son el transporte seguido por la generación de electricidad y la industria.

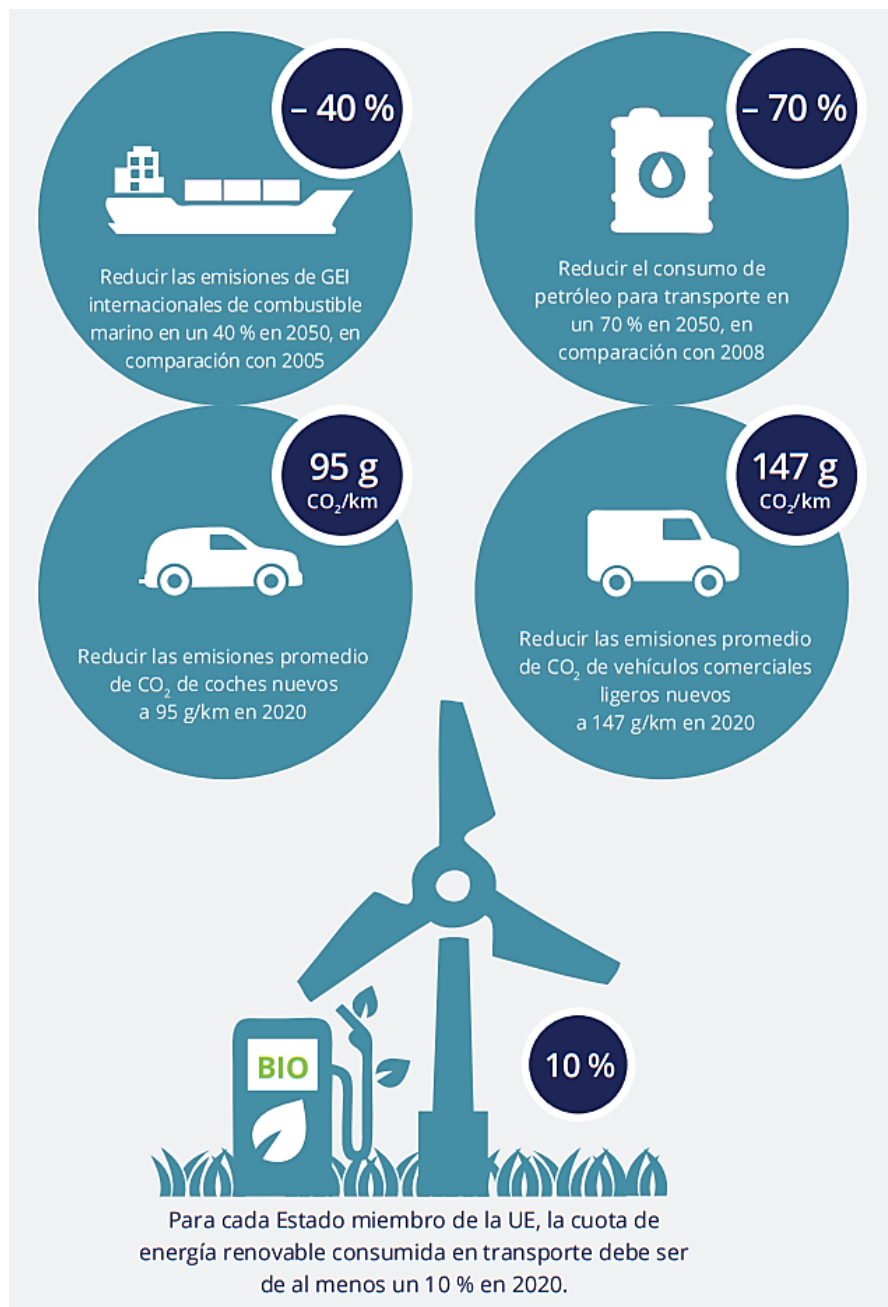
Desde la Agencia Europea de Medio Ambiente aseguran que el transporte representa un tercio del consumo de energía final de los países miembros de la AEMA, y más de un quinto de las emisiones de gases de efecto invernadero (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2016). También hay que tener en cuenta el consumo de combustible anual que implica el transporte y la dependencia del petróleo que existe y puede llegar a ser insostenible. Para cumplir el objetivo propuesto de reducir el 60% de CO<sub>2</sub> para 2050 con respecto a 1990, habrá que conseguir que el consumo de petróleo en el transporta caiga hasta un 70%. Cada vehículo, además, libera contaminantes de diversas fuentes como se puede observar en la siguiente imagen:



Fuentes: EEA Report - Explaining road transport emissions - a non-technical guide y (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2016).

Desde la UE, en octubre de 2014 se acordó un marco de actuación donde se establecieron varios objetivos para reducir el impacto medioambiental que tiene el transporte en Europa para los próximos años, incluyendo los gases de efecto invernadero para evitar un cambio climático peligroso. El transporte es el causante del 25% de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo y dentro de este, los turismos representan el 44% de las emisiones (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2016).

Por ello, se pretenden reducir las emisiones de gases entre un 80 y 95% para 2050 y para conseguir esto, estas son algunas de las prácticas propuestas:



Fuentes: EEA Report No 7/2015 Evaluating 15 years of transport and environmental policy integration y (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2016).

El cumplimiento de estos objetivos permitirá, además, reducir la dependencia de la exportación de energía, obtener beneficios con la eficiencia energética y disminuir el precio de la electricidad. Para todo ello se deben llevar a cabo simultáneamente 3 objetivos:

1. Conseguir que la generación de electricidad sea libre de emisiones

2. Cambiar a energías que tengan menos emisiones de contaminantes
3. Aumentar la eficiencia energética

La contaminación atmosférica y acústica provocada por el transporte tiene como consecuencia numerosos inconvenientes para la salud. Desde la Organización Mundial de la Salud (OMS) nos indican que en el mundo hay un total de 1,3 millones de ciudadanos que mueren anualmente debido a la contaminación urbana. Además, más de la mitad de esas muertes ocurren en los países más desarrollados y en las zonas urbanas, donde los ciudadanos se encuentran más expuestos al transporte y a las emisiones (OMS, 2017).

Existen distintos contaminantes atmosféricos que pueden tener un impacto negativo sobre la salud de las personas que se encuentran expuestas a ellos. Del tubo de escape de un vehículo, se emiten partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{25}$ , óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, óxidos de azufre y algunos metales pesados. La exposición a estos elementos incide en nuestra salud, de manera más directa en nuestros órganos, la sangre o al sistema nervioso, pudiendo llegar a padecer enfermedades respiratorias, asma, infartos de miocardio, fatiga o mareos.

Otro tipo de contaminación que no podemos dejar de mencionar, debido a su importancia, es la contaminación acústica producida por el tráfico rodado en las ciudades ya que la exposición al ruido puede llegar a provocar trastornos en el sueño. Se estima que en Europa uno de cada 4 ciudadanos se ven afectados directamente por el ruido producido por el tráfico rodado. Este es capaz de producir niveles muy superiores a  $55\text{dB } L_{den}$ , cuando el nivel recomendado para no perturbar el sueño es de  $50\text{dB } L_{den}$  (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2016). Estos datos no son alentadores ya que la falta de sueño puede hacer que una persona llegue a padecer estrés, insomnio o nerviosismo. Algunos datos interesantes para ver la magnitud que el ruido tiene sobre nuestra salud:

- *Molestias*: casi 20 millones de europeos sufren molestias causadas por el ruido ambiental.
- *Trastornos del sueño*: debido al ruido, casi 8 millones de europeos sufren trastornos del sueño.
- *Impacto directo sobre la salud*: 43.000 hospitalizaciones al año en Europa son debidas a la contaminación acústica.
- *Muertes prematuras*: la contaminación acústica es responsable de 10.000 muerte prematuras al año en Europa debido a enfermedades cardiovasculares o hipertensión.

Por todo esto no debemos olvidar el impacto que está teniendo en tráfico rodado sobre la nuestra salud. España, además, tiene un parque automovilístico muy antiguo y por tanto mayor contaminación que los coches modernos, por lo que está en manos de las instituciones que tomen medidas que ayuden progresar hacia unas ciudades más limpias y sostenibles.

### 1.2.3. Contaminación en Madrid y su movilidad sostenible

El Ayuntamiento de Madrid cuenta con 24 estaciones automáticas que se encargan del control de la calidad del aire automáticas, además de dos puntos adicionales para partículas en suspensión PM 2,5. Los datos obtenidos en estas estaciones son publicados en la memoria de Calidad del Aire realizado por la Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental (Ayuntamiento de Madrid, 2017), cuyo último número se publicó haciendo referencia al año 2017. A continuación, vamos a mostrar tablas y gráficos que hemos extraído de dicha memoria en las que se recogen los niveles de los principales elementos causantes de la contaminación en Madrid, principalmente causados por el tráfico rodado. Además, se realiza una comparación con los niveles estipulados en la legislación, recogidos en el Real Decreto 102/2011, 28 de enero y el Real Decreto 39/2017 (BOE, 2017), de 27 de enero que modifica al anterior en algunos aspectos.

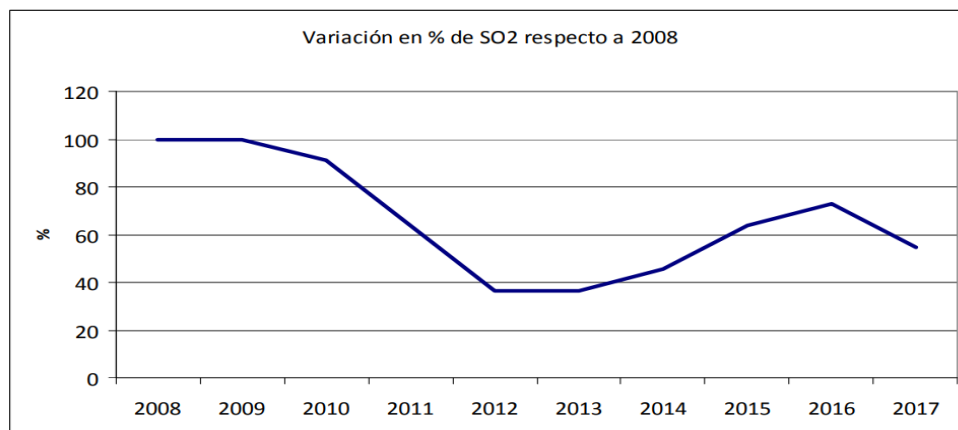
#### **Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>):**

El SO<sub>2</sub> es un gas no inflamable, incoloro, irritante y que posee un olor muy fuerte. Se suele originar con la combustión de carburantes y en Madrid la principal fuente emisora es el residencial. En la siguiente tabla se puede observar como los valores de SO<sub>2</sub> medidos este año se encuentran muy por debajo de los límites legales, donde el límite horario es de 350 µg/m<sup>3</sup> y el diario de 125 µg/m<sup>3</sup>, ninguno de los valores medidos entre los años 2015 y 2017 supera los 100 µg/m<sup>3</sup>.

ESTACION	2015		2016		2017	
	Media	Máximo	Media	Máximo	Media	Máximo
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
PZA. ESPAÑA	8	41	7	37	5	28
ESCUELAS AGUIRRE	12	60	13	55	8	35
VILLAVERDE	6	32	11	38	6	44
FAROLILLO	3	47	5	22	5	39
CASA DE CAMPO	3	38	3	12	3	16
PZA. DEL CARMEN	7	42	12	50	8	53
MORATALAZ	10	94	8	80	10	98
CUATRO CAMINOS	5	41	4	36	4	33
VALLECAS	5	34	6	37	8	36
SANCHINARRO	9	36	9	40	9	39

Fuente: Página 11 de la memoria *Calidad del Aire de 2017*. Elaborada por el Ayuntamiento de Madrid (Madrid, 2018).

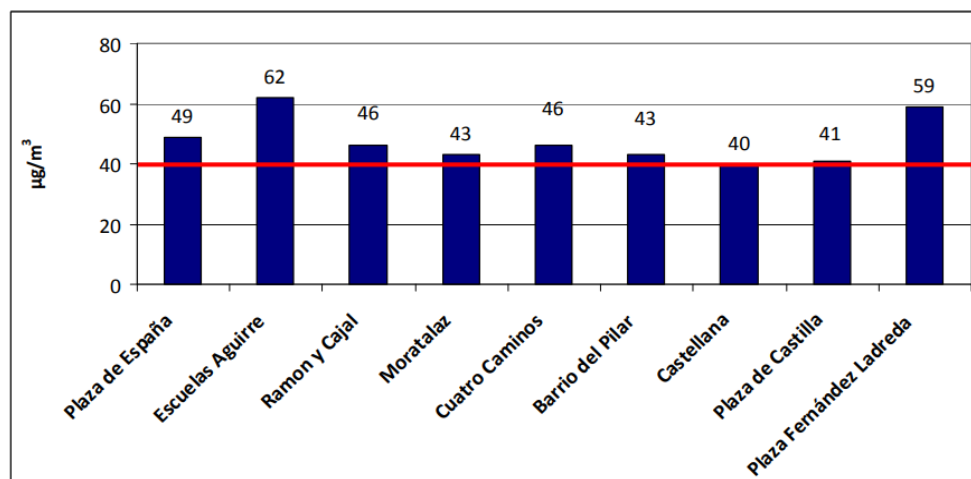
También se muestra la evolución anual de las emisiones de SO<sub>2</sub> en los últimos diez años, y se puede observar las emisiones de este contaminante vuelven a reducirse después de estar varios años creciendo.



Fuente: Página 12 de la memoria *Calidad del Aire de 2017*. Elaborada por el Ayuntamiento de Madrid (Madrid, 2018)

### Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>):

El dióxido de carbono está directamente relacionado con el transporte rodado ya que es su principal emisor. En la siguiente gráfica se muestran las medidas anuales de NO<sub>2</sub> en las estaciones de tráfico encargadas de las medidas en la comunidad en 2017:



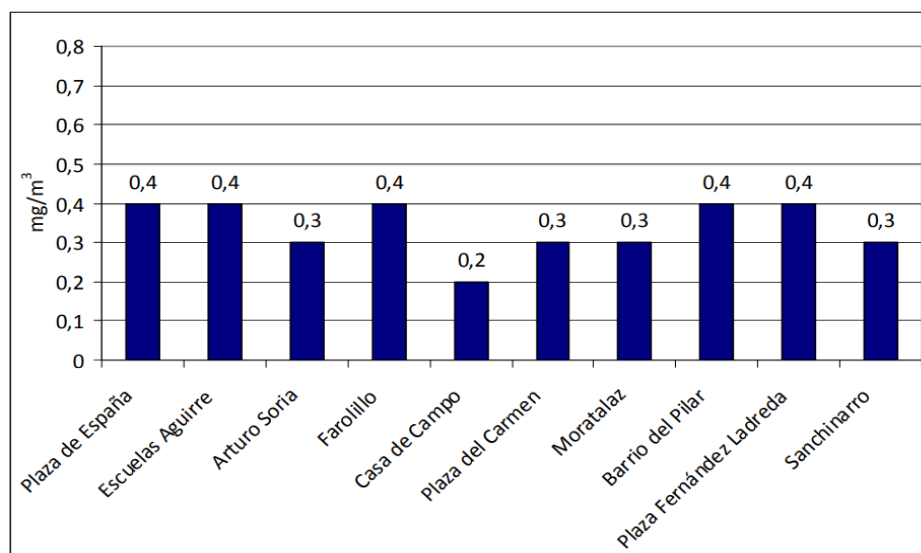
Fuente: Página 22 de la memoria *Calidad del Aire de 2017*. Elaborada por el Ayuntamiento de Madrid (Madrid, 2018).

En el gráfico podemos observar también una línea roja que marca 40 μg/m<sup>3</sup>, ese es el valor límite que permite la regulación y se observa como ha sido superado o igualado en todas las estaciones de tráfico de la comunidad. Además, el límite horario de NO<sub>2</sub> permitido por regulación es de 200 μg/m<sup>3</sup> y a los 400 μg/m<sup>3</sup> se disparará el umbral de alerta.

## Monóxido de carbono

El monóxido de carbono también es otro contaminante que sirve como indicador del tráfico rodado. Este tipo de contaminante se produce de la combustión incompleta del carbón, y puede llegar a tener serios efectos sobre la salud ya que el CO del aire entra rápidamente en la sangre, el cerebro, los músculos y en el corazón.

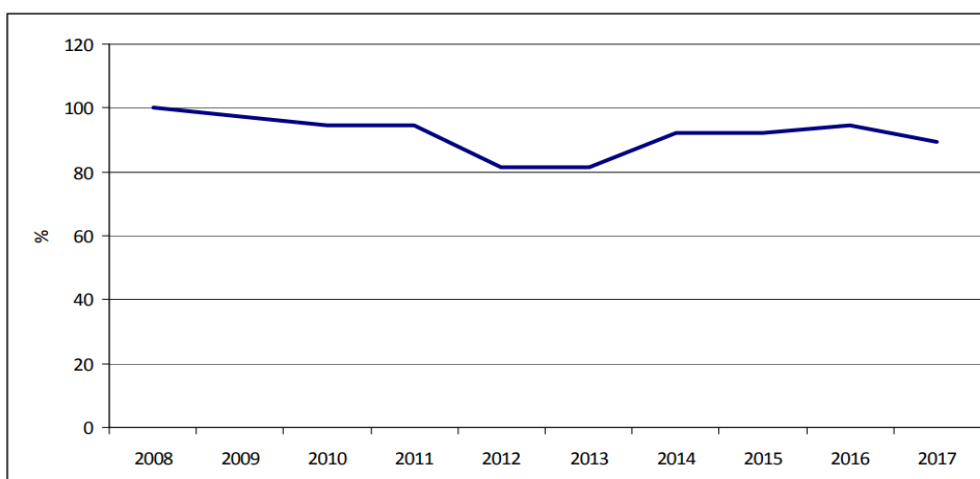
Su presencia se ha reducido en los últimos años debido, principalmente, al avance que existe en la tecnología que presentan los vehículos modernos. Según la legislación, se establece como valor máximo la medida octohoraria de 10 mg/m<sup>3</sup>, siendo esta medida el valor medio que corresponde a 8 valores horarios precedentes si existen por menos 6 horarios válidos. En el siguiente gráfico se muestran los valores octohorarios obtenidos en las estaciones de la red que recogen este tipo de contaminante:



Fuente: Página 35 de la memoria *Calidad del Aire de 2018*. Elaborada por el Ayuntamiento de Madrid (Madrid, 2018).

Se puede observar como todos los valores se encuentran muy por debajo del valor límite establecido para la protección de la salud. La siguiente gráfica muestra también la variación en % de CO en los últimos diez años, donde se observa una tendencia ligera a la baja en este contaminante:

Variación en % de CO respecto a 2008



Fuente: Tabla página 37 de la memoria *Calidad del Aire de 2017*. Elaborada por el Ayuntamiento de Madrid (Madrid, 2018).

Si se desea conocer en más detalle los valores obtenidos de los contaminantes en las estaciones de control de la comunidad, estos se presentan de forma exhaustiva en la memoria realizada por el Ayuntamiento de Madrid en 2017 con relación a la calidad del aire (Madrid, 2018).

Una vez analizados los niveles de contaminación presentes en la ciudad de Madrid vamos a observar ahora donde se encuentra la ciudad en términos de movilidad sostenible comparado con otras ciudades. En 2018 la organización Greenpeace realizó un ranking de movilidad sostenible de las grandes capitales europeas, donde utiliza 21 indicadores para representar el rendimiento en el que se encuentran el transporte público y la movilidad activa (caminar o ir en bicicleta).

Como se puede observar en la siguiente tabla, existe una clasificación para cada indicador y cada categoría se clasifica para cada una de las ciudades. La puntuación general será la suma de las cinco categorías y la puntuación máxima es de 100 puntos:

Ciudad	Clasificación general	Transporte público	Seguridad en carretera	Calidad del aire	Gestión Movilidad	Movilidad Activa
Copenhagen	1	8	1	2	1	2
Amsterdam	2	13	1	6	3	1
Oslo	3	10	1	1	4	5
Zurich	4	1	5	2	7	8



Vienna	5	2	6	2	9	7
<b>Madrid</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>5</b>
Paris	7	2	9	12	9	4
Brussels	8	11	10	2	11	9
Budapest	9	2	8	8	12	11
Berlin	10	12	11	8	5	3
London	11	7	12	8	2	9
Moscow	12	2	7	13	5	13
Rome	13	8	13	8	13	12

Fuente: Greenpeace (Greenpeace, 2018). Tabla: elaboración propia.

Madrid en este ranking se encuentra en una cómoda 6ª plaza, pero solo obtiene una nota global de 4,3 por lo que todavía queda mucho por hacer. La ciudad obtuvo buenos resultados en movilidad activa, transporte público y seguridad vial, pero inferiores a la media en gestión de la movilidad y en la calidad de su aire.

#### 1.2.4. Maneras de reducir el impacto de un coche en una ciudad

Como hemos visto en los apartados anteriores, son varios los efectos que tiene el tráfico tanto para el medio ambiente como para la salud ciudadana, y por ello las grandes ciudades tienen como reto implantar las medidas necesarias que logren avanzar hacia una movilidad sostenible. Hemos definido este concepto como un equilibrio entre ‘movilidad’ como avance de las tecnologías que favorezcan un desarrollo del sector del transporte y ‘sostenibilidad’ para asegurar que ese avance se hace de una manera sostenible, no a cualquier precio y teniendo en cuenta el impacto que puede tener dicho desarrollo en el medio ambiente o en la vida de los ciudadanos.

Según expresan desde Ecologistas En Acción (González, 2007), las políticas de transporte han ido dirigidas históricamente a favorecer el uso del automóvil en las ciudades, resultando en un uso masivo de este y llegando a convertir menos atractivo al transporte público. Esto ha ido mejorando con los años y hoy en día ya podemos observar numerosas medidas y acciones llevadas a cabo por los municipios para intentar reducir el impacto urbanístico y ambiental del uso del automóvil. En 2011 La Red Española de Ciudades por el clima publicó un documento donde se

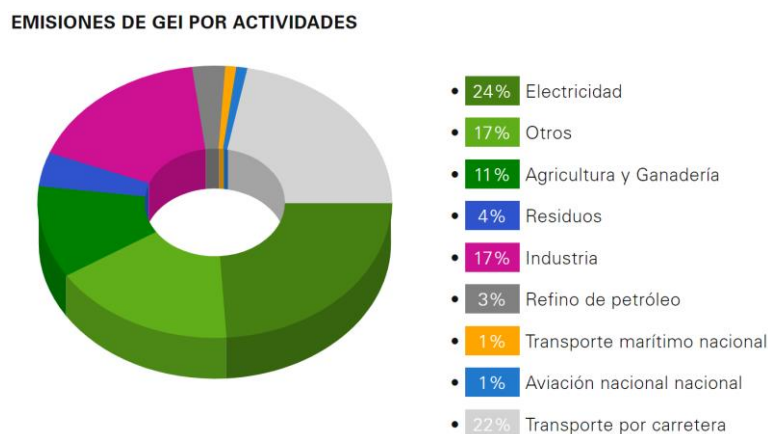
ofrecían protocolos y medidas para dirigir al país hacia una movilidad sostenible. Entre dichas medidas hay que destacar:

1. *Promover el transporte público como alternativa:* Según datos presentados por el Instituto Nacional de Estadística, en 2017 el número de usuarios de transporte público aumentó un 2,2% respecto al año anterior (INE, 2018). Esto es debido principalmente al aumento del uso del autobús, el metro o el tranvía en las grandes ciudades que pusieron en marcha medidas como carriles bus en las zonas más congestionadas con tráfico.
2. *Fomentar el uso de la bicicleta o el desplazamiento peatonal:* Para facilitar este tipo de desplazamientos, se deberán llevar a cabo acciones como el acondicionamiento de aceras para los peatones o la habilitación de carriles bici además de un servicio de bicicletas públicas. Estas acciones llevarían a un incremento en la utilización de estos medios de transporte, que implicará un beneficio tanto para el medio ambiente como para la salud del ciudadano.
3. *Restringir el uso del automóvil:* Las medidas enfocadas a la reducción del uso del automóvil son las más complicadas de llevar a cabo debido al alto coste que suponen para las administraciones, pero son a la vez las medidas más útiles a la hora de reducir emisiones en una ciudad. Entre las medidas que intentan reducir el uso del automóvil cabe destacar la limitación del tráfico rodado mediante peajes en determinadas zonas de la ciudad, la instalación de más zonas de parquímetros o la creación de ‘barrios sin coches’.
4. *Reducir la velocidad de los vehículos en la ciudad:* Importantes volúmenes de contaminación tienen relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos en la ciudad y en sus accesos, que además también conllevan una contaminación acústica. La reducción de esta velocidad en los tramos urbanos con las llamadas ‘zonas 30’, donde no se puede circular a más de 30km/h, o la reducción a 80km/h los accesos de las ciudades son algunas de las medidas llevadas a cabo que favorecen la movilidad sostenible.
5. *Fomentar el uso colectivo del transporte:* El promedio de ocupantes por vehículo sigue siendo bajo, lo que se traduce en una gran cantidad de contaminación media por persona transportada (Ayuntamiento de Madrid, 2017). Por tanto, existe la necesidad de promover acciones que cambien esta conducta y que ayuden a aumentar el número de pasajeros por vehículo.

Otra opción que tienen los usuarios para fomentar la movilidad sostenible es la utilización de sistemas de transporte compartido, cuyo principio no es la de compartir el trayecto con otras personas como se menciona en el punto 5, sino que se fomenta la utilización de un vehículo eléctrico además de la reducción del uso de un vehículo de combustión, medida que ayuda de manera considerable el avance hacia una movilidad sostenible.

### 1.2.5. Beneficios del uso de vehículos eléctricos

Son de sobra conocidos el impacto medioambiental que provoca el tráfico rodado en las ciudades, los cuales suponen casi un cuarto del total de dichas emisiones en España, tal como refleja el gráfico mostrado a continuación.



Fuente: Informe de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España (WWF, 2013)

La reducción del impacto creado por esta actividad se ha convertido en una de las prioridades y objetivos de la Unión Europea a la hora de reducir emisiones, y para conseguir esto han apostado por el uso del vehículo eléctrico. Llevamos ya varios años observando la proliferación y el crecimiento de los vehículos eléctricos y su sector. La movilidad eléctrica se ha convertido en una nueva opción de transporte disponible para los usuarios y que conlleva una serie de ventajas que vamos a analizar a continuación:

1. *Cero emisiones:* Las emisiones procedentes del uso de vehículos eléctricos son prácticamente nulas, ya que son capaces de usar energía limpia y renovable para su funcionamiento sin el uso de carburantes. Por esto, los conductores de este tipo de vehículos se están convirtiendo el parte del proceso que se está llevando a cabo para hacer del mundo uno más limpio y sostenible.

2. *Ahorro de gasolina:* El vehículo eléctrico se caracteriza porque no presenta ningún tipo de dependencia sobre la gasolina y su precio. Esto se consigue utilizando un 100% de electricidad para su funcionamiento haciendo que el usuario también se ahorre dinero en el mantenimiento y sustituciones de filtros, aceite o líquidos presentes en el coche de combustión.
3. *Restricciones por contaminación y aparcamiento:* Hemos observado como en algunas ciudades, tal y como ha pasado en la ciudad de Madrid, se implantan medidas y restricciones al transporte en cuanto las emisiones son demasiado altas. Estas limitaciones en la circulación solo afectan a los vehículos contaminantes y por lo tanto los vehículos eléctricos se encuentran exentos a ellas y su circulación por el centro de las ciudades está permitida todos los días del año. Además, este tipo de vehículos pueden aparcar sin restricción en todas las zonas SER reguladas de la ciudad de Madrid, sin importar si la zona es verde o azul.
4. *Impuesto de matriculación:* Al tratarse de vehículos de cero emisiones, se encuentran exentos de pagar el impuesto de matriculación y además tienen la ventaja de tener pólizas de seguro específicas más económicas que las de los coches de combustión (Quiroga, 2017).

Todas estas ventajas están asociadas al uso de los vehículos eléctricos como sustitutos de los vehículos de combustión, y las ventajas más importantes, aquellas relacionadas con las emisiones, se encuentran presentes no solo en la compra de un vehículo eléctrico sino también en su uso como sistema de transporte compartido. Los objetivos de la Unión Europea de reducción de emisiones de cara a 2020 pasan por realizar una transición del vehículo de combustión al eléctrico, y por tanto electrificar la movilidad de las ciudades. Para poder realizar esto. Existen varias medidas que se tienen que llevar a cabo desde los organismos encargados de ello. Se necesita una regulación que esté basada en el principio “el que contamina paga”, y así reducir las barreras económicas en el sector transporte. Además, se debe desplegar una red de carga que sea básica y se encuentre en vía pública al acceso de todos. Con las ayudas necesarias, los usuarios optarán por los vehículos eléctricos a la hora de adquirir un nuevo vehículo.

## 1.2.6. Normativas y Regulación de los vehículos eléctricos

A lo largo de los años, hemos ido observando como la regulación y la legislación que abarca todos los aspectos de los vehículos eléctricos ha ido evolucionando conforme lo ha hecho el mercado. A continuación, se muestran en una línea temporal las leyes y reales decretos referentes a los vehículos eléctricos en Europa y España en los últimos años que tienen como objetivo su desarrollo:

### Plan MOVALT de Infraestructura de Recarga

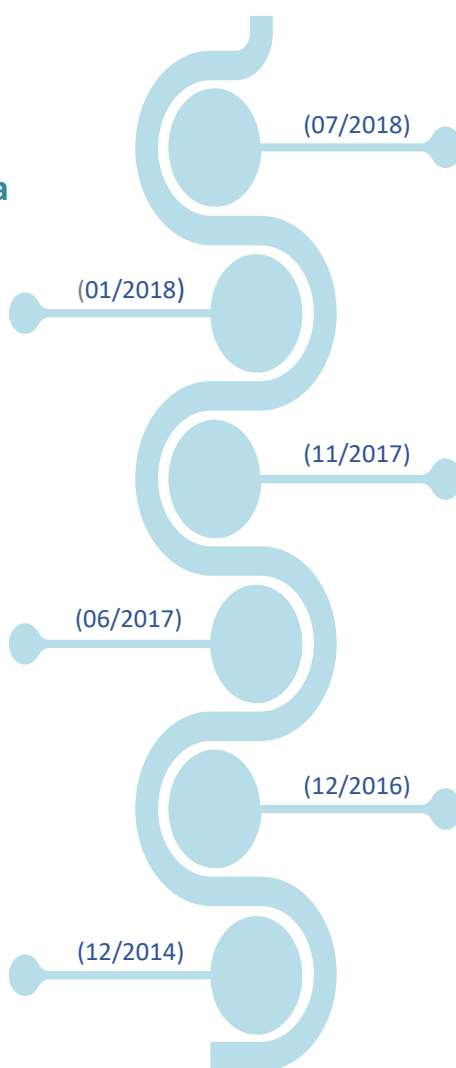
En este plan se regulan las concesiones de ayuda a los sistemas de recargas de las baterías de los vehículos eléctricos, ya sea el vehículo propio o de financiación por renting.

### Real Decreto 617/2017

Se regula la implantación de los puntos de recarga de los vehículos eléctricos además de regular la concesión directa de ayudas para la adquisición de este tipo de vehículos (Plan MOVEA 2017).

### Real Decreto 1053/2014

Queda aprobado la nueva ITC BT 52 «Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos» pertenecientes al del Reglamento electrotécnico para baja tensión.



### Plan VEA

En este plan se regulan las ayudas a la compra de vehículos eléctricos con 50 millones de euros gestionados por el IDAE (Instituto para la diversificación y el Ahorro de la Energía) y a la instalación de los puntos de carga con 16,6 millones de euros destinados a la mejora de las infraestructuras de estos.

### Plan MOVALT

Se trata de un programa con 20 millones de euros de presupuesto destinados a las solicitudes para la adquisición de un vehículo impulsado por energía alternativa.

### Plan de mejora de calidad del aire de Madrid

Este plan contiene actuaciones sobre el transporte rodado ya que este tiene un alto impacto en la calidad del aire de la ciudad. Contiene además restricciones para dicho sector como la entrada en el Área Central de la ciudad.

Se pretende implantar además, una red de recarga para vehículos y una renovación de la flota de la EMT hacia unos vehículos 100% Eco. Red de recarga para VE.

Fuente: Observatorio del VE y Movilidad Sostenible (Universidad Pontificia Comillas IIT, 2018). / Esquema: Elaboración propia

Antes de estas medidas también fuimos testigos del Real Decreto 216/2014 y la Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo (Unión Europea, 2014), ambas en 2014 y que también tenían como intención regular la actividad de los vehículos eléctricos y su infraestructura.

Estas políticas de movilidad sostenible, que se llevan a cabo desde las administraciones públicas, tienen como objetivo la reducción del consumo de combustibles fósiles contaminantes y la reducción, también, de la congestión en las vías públicas. Para ello, se intensifica el desarrollo del vehículo eléctrico y su impulso en el sector, estamos viendo como en la actualidad ya son todas, o casi todas, las casas fabricantes de vehículos las que han optado por la creación de una rama de vehículos eléctricos o el desarrollo de este si ya se encontraba existente, ya que observan su evolución en el mercado y la proyección que se realiza para este tipo de vehículos.

## CAPÍTULO 2 : SISTEMAS DE TRANSPORTE COMPARTIDO

### 2.1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE COMPARTIDO

La movilidad futura en las ciudades es un tema en desarrollo y que todavía se encuentra en su etapa incipiente, nos falta aún mucho para alcanzar su punto máximo. Nos encontramos en un momento donde las tendencias, la innovación guiada por tecnología o las regulaciones y normativas están en constante cambio, implicando un cambio en la naturaleza de la movilidad y trayendo consigo nuevas estrategias y oportunidades. Los modelos de transporte compartido se encuentran entre aquellos que han sufrido un gran desarrollo en los últimos años, principalmente debido a la necesidad de encontrar una manera económica de moverse, que ha hecho que el mercado evolucione hasta donde lo conocemos hoy en día. Empresas como DriveNow o Car2go, recientemente fusionadas en una nueva empresa que aglutina ambos servicios SHARENOW, han experimentado un crecimiento significativo en los últimos años y se encuentran entre los fenómenos que definirán la movilidad en las ciudades y la era digital.

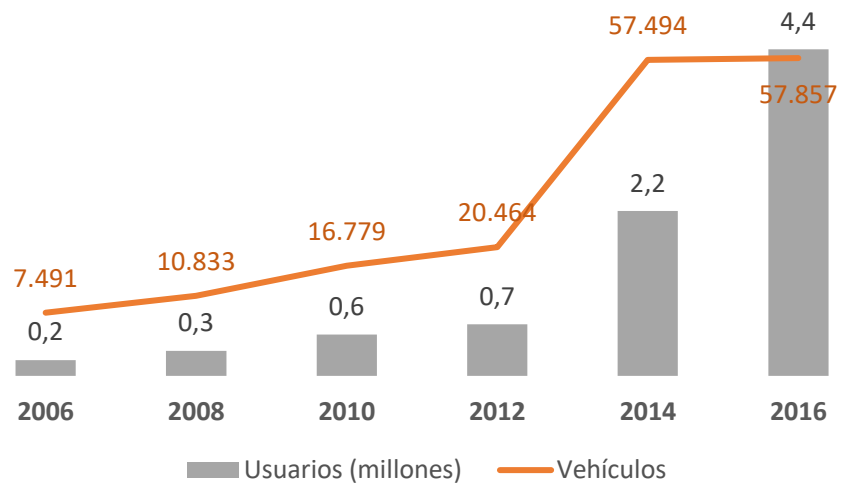
Lo que hacen las empresas de transporte compartido es ofrecer un servicio con el cual se permite alquilar vehículos por un tiempo limitado. La diferencia que tienen estos servicios con los vehículos de alquiler es que ofrecen una amplia flota de vehículos repartidos por toda la ciudad, y se tiene acceso a cualquiera de ellos a través de su aplicación, no necesitando una base de entrega y recogida, sino que pueden ser activados en cualquier punto de la ciudad donde se encuentran y entregados dentro del área de actuación en cualquier otro punto, lo que se denomina en inglés “*freefloating*” En cuanto se activa el servicio, se comienza a cobrar al usuario por el tiempo que utiliza el vehículo, dándole la opción además de dejarlo donde desee, dentro de las áreas permitidas, una vez terminado el servicio. Estos vehículos pueden ser de distinto tipo y aunque los más utilizados sean los coches con el concepto conocido como *carsharing*, también existen las empresas que ofrecen motocicletas, bicicletas o patinetes para compartir y que cada vez están teniendo mayor éxito. Este tipo de empresas están cambiando la manera en la cual los ciudadanos nos movemos, simplemente conectando a los pasajeros a través de los vehículos.

#### 2.1.1. *Carsharing* en Europa

El concepto de *carsharing* es moderadamente nuevo ya que llevan en el mercado menos de diez años, pero es un mercado que ha estado experimentando un crecimiento altísimo en este

periodo y que se prevé que lo seguirá teniendo en el futuro más cercano. Según el informe sobre *carsharing* realizado por la universidad de Berkeley en California (Shaheen Susan, 2018), en octubre de 2016 este tipo de empresas ya estaban operativas en 46 países y 6 continentes, con aproximadamente 15 millones de usuarios que comparten 157 mil vehículos. Asia es el mercado con mayor cuota de usuarios y de flota con el 58% de miembros y el 43% de la flota mundial. Está seguido por Europa, que cuenta con el 31% de los usuarios de este tipo de sistemas y con el 26% de los vehículos disponibles. En el siguiente gráfico podemos observar la evolución que ha presentado el mercado en los últimos años y en la tabla el crecimiento anual tanto del número de vehículos como de usuarios de sistemas de *carsharing*:

Mercado Carsharing en Europa



	2006	2008	2010	2012	2014	2016
Compound Annual <b>Member</b> Growth Rate (2yr)	0%	26%	29%	12%	79%	41%
Compound Annual <b>Fleet</b> Growth Rate (2yr)	0%	20%	24%	10%	68%	0%

Fuente de datos: Innovative Mobility: *Carsharing* Outlook – University of Berkeley (Shaheen Susan, 2018).

Observamos un crecimiento exponencial en el número de usuarios de este tipo de sistema de transporte compartido en los últimos años, donde llegó a casi cuatro millones y medio en 2016. Es interesante también ver como el parque de vehículos de estas empresas presentaba un crecimiento similar al de usuarios hasta 2016, donde presenta un estancamiento que hace que el número de usuarios por vehículo aumente considerablemente. Además, desde Monitor Deloitte estiman que el número de usuarios para 2020 será de 15,6 millones en todo el mundo con una flota de vehículos que estará en torno a los 150 mil coches (Monitor Deloitte, 2017).



## 2.2. VEHICLESHARING EN MADRID

### 2.2.1. Sistemas existentes

El negocio del transporte compartido “*vehiclesharing*” ha explotado en Madrid como no lo ha hecho en ninguna de las demás ciudades europeas. Coches, motos, bicis o patinetes están a disposición de los usuarios, haciendo que el transporte alternativo en Madrid haya llenado sus calles y cambiado la movilidad en la misma. Este tipo de vehículos suelen ser eléctricos o híbridos, emitiendo menos emisiones y por lo tanto tienen privilegios a la hora de aparcar o circular cuando hay restricciones en la ciudad, aumentando su atractivo. Además, utilizando este tipo de sistemas, el usuario evita los costes asociados a la posesión de un vehículo propio, sino que lo utiliza como un servicio ocasional en el que solo tiene que pagar el importe que le corresponde por el tiempo utilizado.

Hoy en día son varias las empresas de transporte compartido que han elegido a Madrid como la ciudad donde operar con su flota de vehículos, y por lo tanto son cada vez más el número de opciones que tiene a su disposición el usuario. En el siguiente apartado hemos intentado hacer la guía más reciente hasta la fecha, principios de 2019, con los operadores de sistemas de transporte compartidos (STC) en Madrid, diferenciando su tipología de flota y la marca detrás de cada uno.

#### 2.2.1.1. Automóviles - *Carsharing*

Dentro de todos los distintos sistemas de transporte compartido existentes en la ciudad de Madrid, los coches siguen siendo la primera opción de los usuarios debido a su seguridad y confort frente a los vehículos de dos ruedas. En la actualidad en Madrid son 6 los operadores de estos sistemas, aunque solo los 4 de ellos han conseguido afianzarse en el mercado.

##### **Car2go**

Fue la primera de las compañías de este tipo que se instaló en Madrid en 2015 y su flota es completamente eléctrica formada por Smart ForTwo y ForFour. Está controlada por el grupo Daimler y fusionada con la compañía *carsharing* de BMW, con unos 20.000 vehículos en 31 ciudades de todo el mundo. Entró en la ciudad de Madrid con una flota de 500 vehículos y en la actualidad ya posee 850 siendo el operador con la flota más amplia en la capital. Su tarifa media es de 0,24€ el minuto, que puede variar dependiendo de la demanda y disponibilidad de vehículos, con una cuota de alta de 9€ y su servicio solo está disponible en el interior de la M-30. Uno de sus

principales atractivos, además de tener un precio competitivo, es el tamaño de sus coches que facilitan el estacionamiento de estos en el interior de la ciudad donde puede llegar a ser muy complicado en algunas franjas horarias.

### **Emov**

La segunda compañía de *carsharing* en términos de flota de vehículos con 600 coches en la ciudad de Madrid desde diciembre de 2016. Está operada por el grupo PSA y sus vehículos son Citroën C-Zero de cuatro plazas y también eléctricos. La tarifa de este coche es de 0,23€/min y con una cuota de alta de 9€, un poco superior al Car2go, pero su rango de operación es mayor ya que el servicio también se encuentra disponible en los barrios de Ciudad Universitaria, Las Tablas, Hortaleza, Ventas y Sanchinarro además de en el interior de la M-30.

### **Zity**

Operadora que surge del acuerdo entre Renault y Ferrovial para ser el tercer operador completamente eléctrico de la ciudad de Madrid. Su flota de coches cuenta con 500 Renault Zoe Z.E 40 de cinco plazas y operan desde 2017. Su tarifa es de 0,21€/min, pero pretende diferenciarse de la competencia proporcionando un servicio conocido como *Standby*. En él, el usuario tiene la posibilidad de estacionar el vehículo y dejarlo en ese sitio un tiempo sin que nadie más pueda utilizarlo con una tarifa de 0,07€/min. Esto puede llegar a ser muy útil si el usuario se ausentará un periodo breve de tiempo, para entrar en un centro comercial, por ejemplo, y luego pueda usar el coche sin que otro usuario haga uso de ese mismo coche.

### **Wible**

La última operadora de coches compartidos en entrar en la capital española. Un acuerdo entre Repsol y Kia ha hecho posible introducir una flota de 500 Kia Niro, híbridos enchufables, en la ciudad. La tarifa básica con la que se presenta es de 0,24€/min en la primera hora y opción de alquilar el coche el día entero por el precio de 50 euros. Esta operadora cuenta con los vehículos más grandes y también ha ampliado su radio de operación para cubrir nuevas zonas. Cuenta con zonas de estacionamiento donde poder dejar sus vehículos en Pozuelo, Las Tablas o en Villaverde además de aparcamientos exclusivos en el centro de Madrid donde solo podrá aparcar los usuarios de este tipo de vehículos. Al ser sus vehículos híbridos, son los que presentan mayor autonomía frente a sus competidores con 50km de autonomía eléctrica y 600km con la tecnología híbrida.

### 2.2.1.2. Motocicletas - *Motosharing*

Dentro de los STC que componen la ciudad de Madrid, las motocicletas llegaron más tarde que los coches, pero lo hicieron con una gran flota por lo que también es muy común verlas circular por la ciudad. Hoy son 5 los operadores de este tipo de vehículos en Madrid.

#### **eCooltra**

Fueron las primeras en aparecer y las que tienen la flota más grande de vehículos con 1.100 motocicletas operativas en la capital. Se trata del modelo de moto Govecs Go!, y tiene una tarifa de 0,24€/min. Para utilizarlas solo es necesario tener el carné B de coche o la licencia AM de ciclomotor, al igual que el resto de las motocicletas mencionadas a continuación.

#### **Moving**

Este sistema se encuentra disponible en 12 ciudades españolas, entró al mercado madrileño en 2017 y ahora tiene una flota de 700 unidades. Son motocicletas eléctricas de producción española y equivalentes a una de 125cc. Su tarifa base es de 0,21€/min y no están disponibles las 24h ya que de 3 a 6 de la mañana se encargan de la recarga y mantenimiento de estas.

#### **Ioscoot**

Estas motocicletas son fáciles de identificar debido a lo inusual que es su diseño comparado con las demás scooters del mercado. Esto es así ya que están fabricadas en una fábrica de tanques en Zagreb y están diseñadas para ser todoterreno. Esta compañía cuenta en la ciudad de Madrid con 170 motocicletas que operan con una tarifa de 0,20€/min en las horas diurnas y 0,24€/min en las nocturnas.

#### **Movo**

Esta empresa de origen español está operada por Cabify, cuya intención no es quedarse solo en el negocio de las VTC. En Madrid cuentan con una flota de 300 motocicletas eléctricas de la marca china Niu. Este sistema de transporte compartido ya estaba operativo en Barcelona y llegó a Madrid a principios de 2018. Operan con una tarifa de 0,22€ el minuto y están disponibles las 24h para su uso.

#### **Coup**

Este es el último sistema de transporte compartido (STC) que ha llegado a la capital española y lo hizo en julio de 2018. Está operado por la compañía alemana Bosch y ya estaba

presente en la capital alemana y en París. Llegó a Madrid con 850 unidades del modelo Gogoro2 completamente eléctricas y se diferencia de las demás compañías en dos características. La primera es que tiene una tarifa fija de 3€ los primeros 20 minutos y a partir de ahí tiene un coste de 1€ cada 10 minutos. Según la empresa, la tarifa más frecuente es de 0,15€/min, lo que la hace mucho más competitiva que los demás sistemas. La segunda es que para poder utilizarlas hay que ser mayor de 21 años, un detalle que explican que tiene como objetivo aumentar la seguridad con usuarios más experimentados.

### 2.2.1.3. Bicicletas – *Bicycle sharing*

Las bicicletas también presentan un gran número de usuarios en Madrid dentro de todos los sistemas de transporte compartido y cada vez son más debido al acondicionamiento al que ese está viendo sometido la ciudad para favorecer este tipo de transporte sostenible. En la actualidad, son cuatro las empresas operadoras de este servicio, aunque eran una más hasta verano de 2018, donde la compañía Ofo tuvo que dejar de operar en la ciudad debido a los actos de vandalismo que estaban sufriendo sus bicicletas.

#### **BiciMAD**

Fueron las primeras de este tipo en llegar y lo hicieron en 2014 de la mano del ayuntamiento de Madrid con más de 1.500 bicicletas con motor eléctrico y repartidas entre las 165 estaciones distribuidas por el centro de la ciudad. Para poder hacer uso de este servicio, los usuarios deberán solicitar una tarjeta que hará de abono y tiene un precio anual de 25 euros. La tarifa de este servicio es de 0,50€ los primeros 30 minutos, más adelante cada media hora se facturan 60 minutos hasta llegar a las 2 horas donde el servicio pasa a costar 4€/hora. La diferencia de este sistema con sus competidores es que no es ‘free-floating’, es decir, no se pueden aparcar en cualquier sitio, sino que deben ser devueltas a alguna de sus estaciones disponibles.

#### **Obike**

Este operador entró en el mercado madrileño desde Singapur a finales de 2017 y lo hizo con 250 bicicletas no eléctricas. Presenta una tarifa de 0,50€ cada media hora y el usuario tiene que pagar además una fianza inicial de 5 euros. Estas bicicletas, al contrario que su competidor BiciMAD, sí que disponen de la opción ‘free-floating’ donde pueden ser estacionadas en cualquier acera del centro de la ciudad.

### **Donkey Republic**

El operador danés Donkey Republic ya estaba presente en otras 42 ciudades europeas además de otras dos estadounidenses y otra en Asia antes de llegar a Madrid. Lo hizo a principios de 2017 con una flota de 100 bicicletas no eléctricas. Esta operadora se caracteriza por estar pensada más al uso turístico que diario y esto se debe a su alta tarifa. El coste de este servicio es de aproximadamente 1,90€ la primera media hora y unos 15€ por el día completo.

### **Mobike**

Esta empresa operadora ha sido la última en llegar, y lo hizo a mediados de 2018 desde Asia con 170 bicicletas no eléctricas en la capital. La tarifa de este servicio es de 1€ por cada 20 minutos de uso y aseguran que tienen intención de aumentar su flota hasta las 500 unidades en los próximos meses (Alamillos, 2018).

#### 2.2.1.4. Patinetes – *Scooter sharing*

Estos sistemas de transporte compartido son conocidos como Vehículos de Movilidad Urbana (VMU) y han sido los últimos en llegar a la capital española. Su entrada ha sido un tanto ajetreada debido a los cambios que han sufrido en la regulación de su uso y por ello son varias las empresas que comenzaron su operación en la ciudad y que más adelante tuvieron que dejarlo. En diciembre de 2018, el Ayuntamiento de Madrid denegó las solicitudes de operación de tres empresas de este tipo (Lime, VOI y Wind), que ya se encontraban operando con sus patinetes en la ciudad, dándoles 72 horas para retirar todos sus patinetes de las calles. El motivo por el cual indican que se han llevado a cabo esas medidas es por no obligar a los usuarios a cumplir con las normativas de circulación. Aún así, en febrero volvieron las operadoras después de obtener la autorización por parte del Ayuntamiento. En este apartado vamos a comentar solo un par de compañías ya que en estos momentos son 18 las que han obtenido las nuevas licencias y autorizaciones para operar en Madrid.

### **Lime**

Se trata de la vieja conocida del sector ya que lleva activa desde 2017 alrededor de todo el mundo y está gestionada por Uber y Google. Fue de las primeras operadoras en llegar a la capital con alrededor de 1.000 patinetes eléctricos, pero después de este último reparto, vuelve a Madrid

con licencia para operar 641 patinetes. La tarifa de estos es de 1€ por desbloquear el patinete y 0,15€ por cada minuto de uso.

### **VOI**

Esta empresa sueca también tiene patinetes en Málaga, Zaragoza y Murcia y llegó a Madrid en octubre de 2018. Después de ser retirados por un tiempo, volvieron en febrero de 2019 con autorización para operar 162 patinetes. La tarifa que presenta este servicio es la misma que sus competidores, 1€ por desbloquear el patinete y 0,15€ por minuto de uso.

Después de esta nueva concesión de autorizaciones presentada por el Ayuntamiento en febrero de 2019, son ya 18 las empresas autorizadas para operar en la capital. Estas son: Lime, VOI, Wind, Jump Uber, Acciona, Eskay, Scoot, Taxify, Ufo, Koko, Rideconga, Mobike, Flash, Tier, Ari, Alma, Motit4u y SJV Consulting que operaran los 8.160 patinetes autorizados.

## 2.2.2. Normativas que rigen al transporte compartido en Madrid

Desde octubre de 2018 está en vigor la Nueva Ordenanza de Movilidad para la ciudad de Madrid (Ayuntamiento de Madrid, 2018), donde se establecen las nuevas normativas que tienen como objetivo lograr una mejor convivencia entre los distintos modos de transporte, un aumento en la seguridad vial, dirigir la movilidad hacia una sostenible y mejorar la calidad del aire para proteger a los ciudadanos. Entre las medidas tomadas, la más llamativa es la limitación a 30 km/h en calles de carril único o de un carril por sentido, que suponen el 85% de las calles de la capital. En esta nueva ordenanza, también se han tomado medidas con el transporte compartido ya que la ciudad ha experimentado un gran crecimiento de este servicio en los últimos años y era necesaria una regulación.

Para los servicios de *carsharing* y *motosharing*, se han establecido las mismas restricciones ya que se trata de sistemas similares que utilizan la vía pública para circular y estacionar sus vehículos, por ello se indica:

1. El aspecto exterior y/o los elementos de los vehículos asegurarán la identificación del nombre o denominación comercial del titular responsable del vehículo y su destino a esta modalidad de arrendamiento.

2. El titular de los vehículos deberá facilitar al Ayuntamiento de Madrid la geolocalización de dichos vehículos mediante interoperación con los sistemas tecnológicos de información municipales.
3. El Ayuntamiento podrá adoptar medidas para facilitar el desarrollo territorialmente equilibrado de estos servicios, promoviendo así su disponibilidad en la totalidad del término municipal, así como limitar el número de vehículos o elementos en uso en el espacio público por motivos de seguridad vial, seguridad ciudadana, protección del tránsito peatonal u otros debidamente justificados (Ayuntamiento de Madrid, 2018).

En la nueva Ordenanza de Movilidad para la ciudad de Madrid se establecen también las nuevas normativas que regirán a partir de ahora los servicios de *Bicycle sharing* y los patinetes eléctricos en Madrid. Se regula su circulación y estacionamiento en la vía y espacios públicos de estos vehículos destinados al arrendamiento:

1. No podrán estar contruidos ni emplear materiales o elementos susceptibles de generar riesgos para la salud y seguridad de las personas usuarias ni de terceras personas. Las características de los vehículos deberán hacer posible el uso intenso al que están destinados.
2. Deberán estar homologados conforme a la normativa comunitaria vigente.
3. Se someterán al calendario de controles y las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo necesario por el servicio técnico del titular, del fabricante, distribuidor o de tercero autorizado.
4. Aquellos vehículos que no se encuentren en condiciones de circulación y uso seguro serán retirados por el titular, que no podrá situarlos en el espacio público ni arrendar su uso hasta que hayan sido reparados o sustituidos por otros seguros y plenamente operativos. El incumplimiento de estas obligaciones habilitará al Ayuntamiento de Madrid para retirar los vehículos a costa de su titular al que se impondrá el pago de las correspondientes tasas, sin perjuicio de las sanciones que correspondan.
5. El aspecto exterior y sus elementos asegurarán la identificación del nombre o denominación comercial del titular responsable del vehículo y de que están destinadas a su arrendamiento.
6. Cada bicicleta deberá contar con dos elementos de identificación: el acreditativo de su obligada inscripción en el registro de bicicletas, así como el número de serie de fabricación o del titular que identifique la concreta unidad.

7. El titular de los vehículos deberá disponer de un seguro que cubra la responsabilidad civil por los daños y perjuicios que pudiera ocasionarse a la persona usuaria, a otras personas y bienes, así como al patrimonio municipal.
8. El titular de los vehículos estará obligado al pago de los tributos que, en su caso, procedan por la utilización privativa o aprovechamiento especial del dominio público local.

Estas medidas han sido tomadas con la intención de fomentar este tipo de sistemas de transporte en un ambiente limpio y seguro, donde los usuarios pueden alquilar por tiempo los vehículos para sus necesidades sin tener que cubrir los gastos adicionales que supone poseer uno de ellos.



## CAPÍTULO 3 : OBJETIVO Y ELEMENTOS DE ESTUDIO

### 3.1. DEFINICIÓN DEL PROCESO

El objetivo de este proyecto es analizar el impacto medioambiental y económico que resulta de implantar un nuevo sistema de transporte compartido en la ciudad. Para ver el impacto medioambiental de estos sistemas, se tomarán como datos de partida las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> que presentan los distintos vehículos de una ciudad comparados con los utilizados en los sistemas de transporte compartido. A continuación, se estimará la diferencia de emisiones que implica el introducir estos sistemas de ‘vehiclesharing’ en una ciudad, además de identificar el sistema de transporte más sostenible en función de las emisiones por persona. Una vez estudiado el impacto medioambiental, se procederá a realizar el análisis del impacto económico. Para ello se analizará el ahorro o coste que supone para el poseedor de un vehículo privado el uso de este tipo de transporte en el día a día en vez de un vehículo de combustión, analizando los costes derivados de utilizar cada uno.

Hoy en día son varios los sistemas de transporte compartido en el mundo y muchas empresas han elegido a Madrid como localización de sus operaciones, haciendo que el usuario tenga a su disposición distintos tipos de vehículos y distintos operadores de cada uno de ellos. Por ello, para la realización de un análisis más completo, se tomará un vehículo y operador dentro de cada una de las cuatro opciones de vehículos disponibles para el usuario: coches, motos, bicicletas y patinetes eléctricos. Los objetivos por tanto de este proyecto serán:

- Calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas por cada uno de los vehículos de los sistemas de transporte compartido (STC) para compararlas así con sus vehículos homólogos de combustión.
- Determinar las emisiones diarias que cada uno de los STC está produciendo en Madrid en función de su uso y las emisiones ahorradas debido a ese uso en vez del transporte convencional.
- Se hallará la elección del sistema de transporte compartido más sostenible en función de las emisiones producidas por pasajero y no por vehículo.
- Estudio de los costes asociados a tener un vehículo privado, teniendo en cuenta los costes fijos, variables y el coste financiero. Se estudiará si a una persona con vehículo propio le saldría más económico la utilización de un STC o el punto, en km recorridos anuales, a partir del cual sale más económico su uso.

## 3.2. SELECCIÓN DE SISTEMAS PARA EL ESTUDIO

Para este proyecto, vamos a elegir cuatro sistemas de transporte diferentes presentes en la ciudad de Madrid y un operador de cada uno de ellos. El criterio utilizado para la selección de los operadores con sus vehículos ha sido en función del poder de mercado que tiene cada empresa operadora en la actualidad en la ciudad. Se han elegido aquellas operadoras que llevan más tiempo en Madrid y que tienen un tamaño de mercado superior frente a sus competidores, para poder tener así una visión más amplia y precisa del impacto que tiene instalar uno de estos sistemas en Madrid.

### 3.2.1. Carsharing – Car2go



Fuente: Car2go web

Esta operadora es el servicio de *carsharing* más conocido en Madrid, con más de 237.000 usuarios en la capital española. Comenzó sus operaciones en Madrid en 2015 y está controlada por el grupo Daimler y fusionada con la compañía *carsharing* de BMW, con unos 20.000 vehículos en 31 ciudades de todo el mundo. Está operativa en la capital con una flota libre de 850 vehículos completamente eléctricos y sin estaciones fijas de alquiler, formado principalmente por Smart EQ ForTwo (65%) pero también con la nueva incorporación del Smart EQ ForFour (Car2go, 2019). La compañía con esto ha querido ofrecer a sus usuarios más versatilidad en sus vehículos con un modelo más grande que haga competencia con sus competidores a la hora de acercarse a los usuarios que buscaban transportarse en grupo y por lo tanto necesitaban un vehículo de mayor capacidad.

Para poder utilizar su servicio, tiene una tarifa media de 0,24€/minuto para el vehículo de 2 plazas y de 0,26€/minuto para el de 4, además de una cuota de alta de 9€ y desde diciembre de 2018

su servicio se ha extendido por el este de la M-30 al norte por Sanchinarro y al suroeste, sobrepasando los límites de la M-30. De todos los sistemas que vamos a estudiar en este proyecto, este es el más seguro al tratarse de un automóvil, pero también el de mayor tamaño, ya que es el único de cuatro ruedas y se comparará con otros vehículos de solo dos ruedas. Aun así, se trata del automóvil más pequeño dentro de los servicios de *carsharing* de cuatro ruedas, dándole un atractivo a la hora de tener un estacionamiento más sencillo en Madrid.

Como ya se ha mencionado, el automóvil más utilizado por esta operadora es el Smart EQ ForTwo completamente eléctrico y se ha actualizado la flota a principios de este año con 150 unidades de la versión más moderna, el Smart EQ ForTwo 2017. Este último modelo sustituirá al anterior y será el estudiado en este proyecto. Se trata de un automóvil con propulsor eléctrico de 82 CV (60kw) de potencia con una autonomía de 160 km. Posee una batería de litio de 17,6 kWh de capacidad que necesita 6h para la carga casi completa del vehículo en un enchufe doméstico. A continuación, se presenta la ficha técnica del vehículo facilitada por el fabricante:

<b>Motor/tipo</b>	Motor síncrono de corriente trifásica de excitación independiente
<b>Potencia continua en kW (CV) <sup>[1]</sup></b>	41
<b>Potencia máx. en kW (CV) <sup>[1]</sup></b>	60
<b>Par motor máx. en Nm <sup>[1]</sup></b>	160
<b>Aceleración de 0 a 60 km/h en s</b>	4,9
<b>Aceleración de 0 a 100 km/h en s</b>	11,5
<b>Velocidad máxima en km/h</b>	130
<b>Autonomía en km <sup>[2]</sup></b>	154-160 (154-160) <sup>[2]</sup>
<b>Capacidad de la batería en kWh</b>	17,6
<b>Tipo de batería</b>	Iones de litio
<b>Número de células de batería</b>	96
<b>Cargador de a bordo en kW</b>	4,6 (22) <sup>[2]</sup>
<b>Tiempo de carga 10%-80 % en horas <sup>[2]</sup> en la base de carga mural</b>	<3,5 (<40 min)
<b>Tiempo de carga 10%-80% en horas <sup>[2]</sup> en la caja de enchufe doméstica</b>	<6
<b>Consumo de corriente (ciclo mixto) en kWh/100 km <sup>[2]</sup> cargando con el cargador de a bordo de 4,6 kW</b>	14,5-13,9 <sup>[2]</sup>
<b>Consumo de corriente (ciclo mixto) en kWh/100 km <sup>[2]</sup> cargando con el cargador de a bordo opcional de 22 kW en una base de carga mural</b>	13,5-12,9 <sup>[2]</sup>
<b>Consumo de corriente (ciclo mixto) en kWh/100 km <sup>[2]</sup> cargando con el cargador de a bordo opcional de 22 kW con cable de carga para caja de enchufe doméstica</b>	18,6-18,0 <sup>[2]</sup>
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> (ciclo mixto) en g/km <sup>[2]</sup></b>	0 (0) <sup>[2]</sup>
<b>Categoría de eficiencia energética (válida para Alemania) <sup>[2]</sup></b>	A+
<b>Longitud/anchura/altura del vehículo en mm</b>	2695/1663/1555
<b>Distancia entre ejes en mm</b>	1873
<b>Ancho de vía (delantero/trasero) en mm</b>	1469/1430
<b>Diámetro de giro en m (de bordillo a bordillo)</b>	6,95
<b>Volumen del maletero en l <sup>[3]</sup></b>	260-350
<b>Masa en vacío/carga útil en kg <sup>[4]</sup></b>	1085/225

Fuente: Smart web (Smart, 2019).

La flota de vehículos de este sistema se encuentra disponible para los usuarios en un total de 33 barrios de Madrid, que abarcan un área de 27 km<sup>2</sup>. A través de la app, podemos acceder a los vehículos disponibles presentados en un mapa como el que se encuentra a continuación, donde se observan los 850 vehículos de la compañía en la ciudad de Madrid:



Fuente: App de Car2go.

### 3.2.2. *Motosharing* – eCooltra













Fuente: eCooltra web












eCooltra es el servicio de *motosharing* líder en Europa con presencia en las ciudades de Madrid, Barcelona, Valencia, Milán, Roma y Lisboa con una flota de 4.500 motocicletas eléctricas. En la capital española está presente desde 2017 con 1.100 motocicletas eléctricas. Se alquilan los vehículos de la misma forma que se hace con el resto de los servicios de transporte compartido, desde una app se reserva la motocicleta que se desea alquilar y se arranca desde la misma aplicación. En la propia motocicleta se facilitan también dos cascos con dos tallas distintas.

La tarifa que tiene este servicio de *motosharing* es de 0,24€/minuto y a diferencia de Car2go, tiene una fianza inicial para poder registrarse y utilizar sus vehículos. La ventaja que presenta comparado con los servicios de vehículos de 4 ruedas es su tamaño y la posibilidad de aparcar en zonas no aptas para automóviles.

La motocicleta utilizada por este operador varía en función de la ciudad en la que nos encontramos. En Lisboa, Roma, Milán y Barcelona utilizan el modelo Askoll mientras que, en Madrid, Valencia y también en Barcelona hacen uso del Modelo Govecs. Este último modelo es el estudiado en este proyecto ya que se trata del presente en la capital española. El modelo de motocicleta utilizado en Madrid es el Govecs GO! S1.5 con una potencia de 4kW y baterías de litio de 2,1 kWh. La motocicleta presenta una autonomía de 40-70 km y en una sola hora puede cargarse hasta el 80% de la batería. Además, alcanza una velocidad máxima de 45km/h que la hace perfecta para circular por el centro de la ciudad.

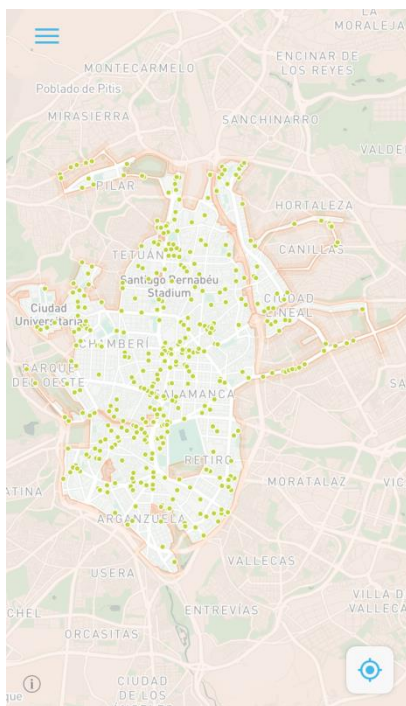
A continuación, se presenta la ficha técnica de la motocicleta facilitada por el fabricante:

	Charging time	2–3 h, approx. 1 h up to 80% charging
	Motor	Brushless motor, PMAC with belt drive
	Torque	54 Nm
	Weight	approx. 102 kg (incl. battery)
	Wheelbase	1 310 mm
	Seat height	790 mm
	Storage capacity	10 litre
	Carrying capacity	2 passengers / max. 150 kg
	Guarantee	24 month
	Emissions	Zero

	<b>Maximum speed</b>	45 kph (25 kph version available) *
	<b>Range</b>	40-60 km (based on 45 kph version) *
	<b>Brakes</b>	Front and rear hydraulic disc brake
	<b>Tires</b>	130/60-R13, front and rear
	<b>Front Fork</b>	Hydraulic telescope fork
	<b>Rear suspension</b>	Mono shock absorber
	<b>Battery</b>	Lithium-ion
	<b>Voltage</b>	72 Volt
	<b>Weight battery</b>	Approx. 16 kg
	<b>Battery (estimated lifetime)</b>	50.000 km
	<b>Charger</b>	on board, 600W, 110-240 Volt (50/60 Hz)

Fuente: Ficha técnica Govecs (Govecs, 2017)

eCooltra cuenta con una flota de vehículos disponibles para los usuarios a lo largo de algunos barrios de Madrid que representan un área aproximado de 25 km<sup>2</sup>. Estos vehículos son presentados en su app en un mapa con puntos verdes como el que se muestra a continuación, donde el usuario elige la motocicleta que desea para su uso dentro de las zonas permitidas:



Fuente: App de eCooltra.



### 3.2.3. *Bicycle sharing* – BiciMAD



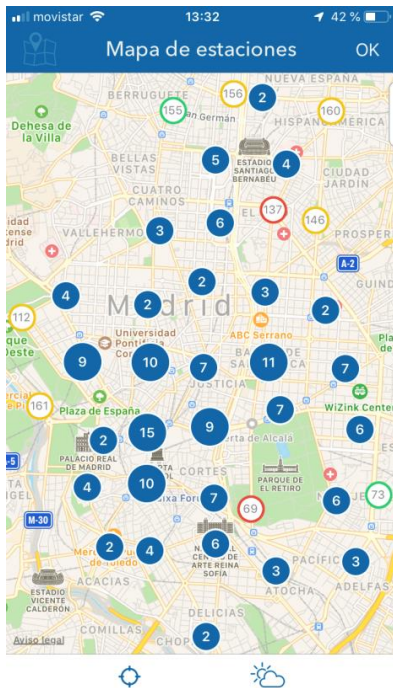
Fuente de imagen: El País (Leon, 2014)

BiciMAD es el sistema de alquiler público de bicicletas eléctricas en el centro de la ciudad de Madrid. Comenzó sus operaciones en 2014 de mano del ayuntamiento y la alcaldesa de la ciudad Ana Botella. Con una flota de 2.028 bicicletas eléctricas esparcidas a lo largo de las 165 estaciones operativas en estos momentos, una cada menos de 300 metros según aseguran desde BiciMAD.

Este servicio es muy fácil de utilizar, los usuarios deben solicitar una tarjeta que hará de abono anual y que tiene un precio de 25€. BiciMAD tiene una tarifa que varía con el tiempo y en los primeros 30 minutos tienen un coste de 0,50€, a partir de ese momento cada media hora se facturan 60 minutos hasta que se llegan a las 2 horas, donde el servicio pasa a costar 4€/hora. La gran ventaja de este sistema con otras bicicletas es el motor eléctrico que posee, Madrid presenta mucha inclinación en sus calles y este motor proporciona el impulso necesario para que el usuario no asuma tanto esfuerzo. Posee un botón ON/OFF para encender la bicicleta, un botón LIGHT para encender las luces, un botón MODE para regular el nivel de asistencia del motor eléctrico y una barra donde se indica el nivel de batería. También hay que destacar que su principal desventaja es que no es ‘free-floating’, es decir, no se permite el estacionamiento en cualquier sitio, sino que debe hacerse en alguna de las estaciones habilitadas para ello y si estas están llenas, se deberá encontrar un hueco en alguna estación vacía para poder dejar la bicicleta.

Las bicicletas utilizadas por BiciMAD son del modelo Booster Bike, una bicicleta cuyo motor eléctrico se activa al pedalear el usuario. La bicicleta presenta un marco de aluminio y una batería litio-ion con una autonomía de 70 km. El motor eléctrico es del tipo 250W Brushless DC HUB y se encuentra en la rueda delantera. La flota de 2.028 bicicletas se encuentra disponible en

sus 165 estaciones de BiciMAD, que prestan servicio a unos 65.500 usuarios (Ayuntamiento de Madrid, 2019). A través de la app de BiciMAD, podemos acceder al mapa donde se presentan todas las estaciones de la ciudad y la disponibilidad de cada una de ellas con colores como se muestra en la siguiente imagen:



Fuente: App de BiciMad.

### 3.2.4. Scooter sharing - Lime



Fuente: Lime web.



Como hemos comentado antes, Lime ya es una vieja conocida de este sector que lleva desde 2017 operando y se encuentra activa en más de 150 ciudades de 16 países a lo largo de los cinco continentes. En España está no solo en Madrid sino también en Málaga, Zaragoza y Pamplona. Detrás tiene a grandes compañías como Uber y Google y fue de las primeras en llegar a la capital española en agosto de 2018 con alrededor de 1.000 patinetes. En diciembre de 2018 obtuvo una restricción por parte del Ayuntamiento de Madrid, junto con VOI y Wind, donde le daban a la compañía 72 horas para retirar todos sus patinetes de las calles o los retirarían ellos mismos. El motivo fue, o por lo menos es lo que alegan desde el ayuntamiento, porque desde las apps de las compañías de estas operadoras no se obligaba a los usuarios a cumplir con las normativas de circulación de la ciudad

Una vez resuelto esto, obtuvo de nuevo la licencia en febrero de 2019 y licencia para poder operar 641 patinetes en la ciudad de Madrid. La tarifa del servicio es de 1€ por desbloquear el patinete y 0,15€ por cada minuto de uso. Los patinetes Lime-S son fabricados por la compañía Segway y poseen una batería que da una autonomía de hasta 50 km y una velocidad máxima de 24 km/h.

Como se puede observar en la siguiente imagen, los patinetes se encuentran disponibles a lo largo de distintas zonas y barrios de la ciudad. Los patinetes, además, solo pueden ser utilizados entre las 5 am y las 21:00h, ya que en las horas restantes los vehículos son revisados y recargados.



Fuente: App de Lime.



## CAPÍTULO 4 : ALCANCE DEL ESTUDIO

### 4.1. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

En este apartado se van a desarrollar la manera de obtener los datos de emisiones de los cuatro vehículos estudiados en este proyecto, además de sus homólogos de combustión, y la metodología utilizada para el estudio de su impacto medioambiental.

Los datos de emisiones de los vehículos a estudiar se tomarán de proyectos o entidades que hayan utilizado un análisis de ciclo de vida para obtener dichos resultados. El análisis de ciclo de vida, o ACV, tendrá como objetivo la obtención de las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> de los vehículos ya que son los contaminantes más representativos de la contaminación atmosférica producida por el tráfico rodado. Recalcamos la importancia de que los análisis se hayan realizado con el criterio de un ACV ya que en los vehículos eléctricos es necesario estudiar las emisiones producidas durante toda la etapa de vida del vehículo, ya que son muy bajas durante la etapa de uso y la mayoría de las emisiones provienen de otras fases del vehículo.

#### 4.1.1. Análisis del Ciclo de Vida de los vehículos

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV), en inglés *Life Cycle Assessment (LCA)*, es una de las herramientas más utilizadas a la hora de evaluar y estimar el impacto ambiental atribuido a un proceso a lo largo de todas las fases de su vida. El proceso nos permite evaluar las cargas ambientales que se le asocian a un producto estudiando la cantidad de materia y energía utilizada durante el proceso además de las emisiones al entorno. Este tipo de análisis, se realizan con el objetivo de analizar las emisiones durante todas las etapas sin excepción y poder llevar a cabo por tanto estrategias de mejora ambiental. Se puede realizar un ACV de cualquier producto que se desee, ya que todos los productos poseen unas etapas características durante su vida, que serán las analizadas en el ACV. Las etapas de un producto son las siguientes:

- *Adquisición de materias primas*: abarca las actividades llevadas a cabo durante la extracción de las materias primas utilizadas para la fabricación de un producto y las aportaciones de energía al medio ambiente que esto requiere.
- *Proceso y fabricación*: son aquellas actividades que se producen para convertir la energía y materias primas en el producto que se desea.
- *Distribución y transporte*: traslado del producto final y sus piezas.

- *Uso, reutilización y mantenimiento*: una vez acabado el producto, esta etapa abarca la utilización del mismo a lo largo de su vida útil.
- *Reciclaje y gestión de los residuos*: una vez el producto ha servido su propósito y ya no se le puede dar más uso, se recicla a través del mismo sistema de producto (ciclo cerrado de reciclaje) o entra en un nuevo sistema de producto (ciclo de reciclaje abierto), (Eco-Inteligencia, 2013).

La realización de un ACV no se puede realizar de cualquier manera, sino que está sujeto a un marco normativo con el que hay que aplicar dos normas internacionales. Se trata de las normas UNE-EN ISO 14040 (Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia. Diciembre 2006) y la norma UNE-EN ISO 14044 (Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices. Diciembre 2006). Para que los resultados obtenidos en un ACV sean fiables han de haber seguido las normas mencionadas anteriormente. Según la norma ISO 14040 2006, un análisis de ciclo de vida debe seguir cuatro fases para la obtención final de los resultados: Definición del objetivo y el alcance, Análisis de inventario, Evaluación de impactos y una última fase de Interpretación.

- Fase 1: Definición del objetivo y el alcance: En la definición del objetivo, se incluyen los motivos por los cuales se realiza el estudio y el público al que se va a dirigir el ACV. En cuanto al alcance, en su definición se incluyen el producto a estudiar, los límites que tendrá el sistema, la función de dicho producto, las categorías de impacto y otros aspectos.
- Fase 2: Análisis de inventario: En esta fase se analizará el ICV (Inventario de Ciclo de Vida) del producto, donde se recogerán todos los datos obtenidos correspondientes a las entradas y salidas de todos los procesos del sistema.
- Fase 3: Evaluación de impactos: En esta fase, se seleccionan las categorías de impacto a considerar en el estudio además de los indicadores de cada categoría. También se asignan los resultados del ICV a cada categoría.
- Fase 4: Interpretación: En esta última fase, se analizan los resultados del análisis de inventario además de la evolución de impacto para así poder tener un análisis conjunto.

Los resultados que se obtienen después de realizar las cuatro fases mencionadas deben ser consistentes con la definición del objetivo y el alcance que se realizaron en un principio, para poder así alcanzar unas conclusiones sólidas y poder proporcionar recomendaciones. Como es lógico, el proceso completo se puede realizar de distintas maneras y por lo tanto pueden existir varios ACV de un mismo producto con resultados diferentes (Agrelo, 2014).

## 4.2. IMPACTO ECONÓMICO

En este apartado se va a explicar la metodología utilizada para poder calcular el impacto económico del uso de un sistema de transporte compartido frente al transporte convencional. Para ello, se van a analizar todos los costes asociados a la posesión de un vehículo privado y a su uso para luego compararlo con los gastos que implicaría el usar un sistema de transporte compartido en su lugar.

Debido a la gran cantidad de gastos asociados a la posesión de un vehículo privado, para este proyecto hemos decidido solo analizar el vehículo cuyo sistema de transporte compartido está teniendo mayor impacto en la sociedad, el coche, que se comparará con el *carsharing*. Mas adelante, también se calculará el punto de equilibrio a partir del cual sale más rentable para el usuario el comprarse un coche en vez de utilizar el *carsharing* en función de los km recorridos.

### 4.2.1. Costes a analizar de un coche privado

A la hora de tener un coche, existen tres tipos de costes económicos: los costes fijos, los variables y el coste financiero.

- Costes Fijos: Estos costes serán aquellos que están presentes sin tener en cuenta el uso que se le da al vehículo, siempre estarán ahí. Entre estos gastos, estimaremos los siguientes:
  - Impuesto de Matriculación
  - Coste del seguro
  - Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica
  - Inspección Técnica de Vehículos (ITV)

A estos costes fijos podríamos añadirle también el alquiler de una plaza de garaje, que en Madrid puede llegar a valores anuales muy altos, pero no vamos a incluirlo ya que no todo el mundo posee una y mucha gente aparca en la calle cerca de su domicilio.

- Costes Variables: Estos costes serán aquellos que dependen directamente del uso que se le dé al vehículo, irán relacionados con los km recorridos por la persona. Los costes variables estudiados en este proyecto serán:
  - Costes de Mantenimiento
  - Costes de Combustible

Estos gastos se calcularán estimando el uso del vehículo teniendo en cuenta el precio de la gasolina y los mantenimientos que requerirá el vehículo a lo largo de su vida útil.

- Coste Financiero: Este coste es un coste de oportunidad del capital de la compra del coche. En él, se analiza la inversión del capital que no ha llegado a realizarse. Para calcularlo, deberemos analizar el precio de reventa de nuestro vehículo, el precio de compra, el número de años que se prevé su posesión y el tipo de interés que se le va a aplicar.

## **CAPÍTULO 5 : ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **5.1. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL**

En este apartado vamos a analizar el impacto medioambiental que tienen de las emisiones producidas por los vehículos de los sistemas de transporte compartido, comparándolas con sus homólogos de combustión que serán considerados como ‘el transporte convencional’. Para el análisis de cada uno de los vehículos, se han seguido procedimientos distintos, por lo que los agruparemos en función de su similitud de vehículo. El primer grupo estará formado por el automóvil y la motocicleta y el segundo por la bicicleta y el patinete.

#### **5.1.1. Automóvil y Motocicleta**

Para el automóvil y la motocicleta, se han seleccionado 2 estudios realizados siguiendo los criterios del ACV, que analizan las emisiones producidas tanto por los vehículos de combustión como de los eléctricos utilizados en los sistemas de transporte compartido. Estos estudios, en cuyos datos nos apoyaremos son (Iglesias, 2017) y (Camuñas, 2017) que se han elaborado utilizando el software GaBi, una herramienta informática utilizada para elaborar ACVs.

Este programa realiza el ACV accediendo a una potente base de datos repleta de procesos a elegir. Primero, hay que realizar un inventario de nuestros productos, eligiendo los distintos procesos presentes en la vida de los vehículos. Estos procesos van desde la elección de materiales y su método de extracción a la fabricación de los vehículos, el transporte de estos, el uso y el posterior mantenimiento y reciclaje. Una vez introducidos todos estos procesos en nuestra herramienta, se hace una evaluación de los contaminantes presentes en la vida de cada uno de los vehículos, que pueden ser emitidos tanto al aire, al agua como a la tierra. En este proyecto analizaremos únicamente las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, ya que se trata de las más perjudiciales para el medio ambiente. Dado que las emisiones se calculan para toda la vida útil del producto, estimaremos una vida de 250.000 km para el coche y 100.000 km para la motocicleta, y pondremos los valores de emisiones en g/km para poder realizar una comparativa.

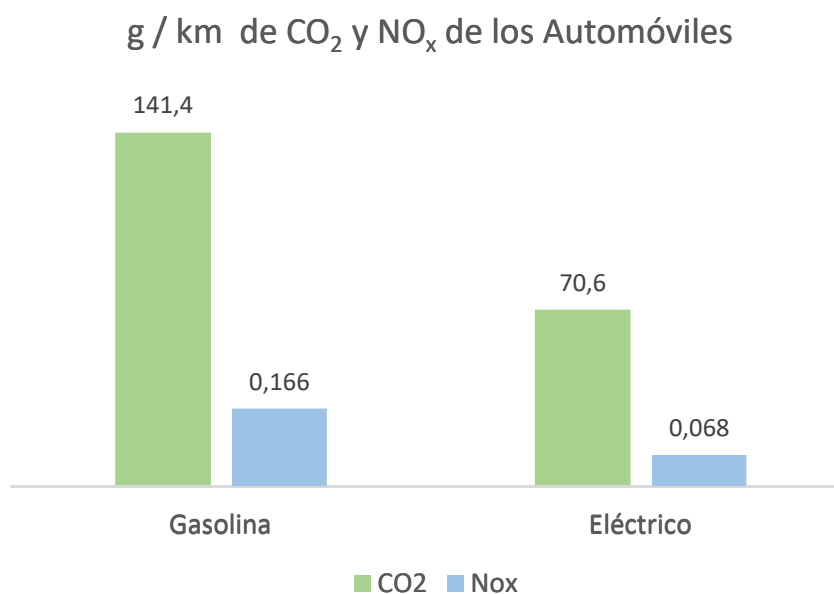
En cuanto a los automóviles estudiados en este proyecto, hemos seleccionado el modelo Smart ForTwo eléctrico utilizado por la compañía Car2go para compararlo con el Seat León de 85kW, ya que es el coche más vendido en España en el año 2018. Para poder introducir estos

vehículos en el Software GaBi, se ha tenido que realizar por materiales, estudiando el desglose de materiales presentes en los vehículos. Más adelante, se eligen los procesos utilizados en cada material para la fabricación del vehículo y su uso por la ciudad. Este desglose se muestra en la tabla a continuación:

Material	Coche Gasolina		Coche Eléctrico	
	peso (kg)	% peso	peso (kg)	% peso
Acero	732,6	66,6%	602,9	55,6%
Plásticos	213,0	19,4%	176,2	16,2%
Caucho	23,5	2,1%	18,7	1,7%
Plomo	6,9	0,6%	-	-
Aluminio	78,9	7,2%	87,1	8,0%
Cobre	5,4	0,5%	8,0	0,7%
Níquel	0,8	0,1%	2,7	0,3%
Fluidos	4,4	0,4%	42,3	3,9%
Vidrio	34,4	3,1%	33,6	3,1%
Batería Elect.	-	-	112,8	10,4%
Total	890	100%	1085	100%

Fuente: (Iglesias, 2017) Tabla: elaboración propia

Una vez que hemos realizado el inventario de nuestro producto y elegidos los procesos presentes en la vida de este, el propio programa nos da los valores de emisiones de cada uno de los vehículos. Estas emisiones son de distinto tipo y afectan al medio ambiente a través de distintos medios (aire, agua o tierra), pero haremos hincapié únicamente en las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> debido a su relevancia. Las emisiones obtenidas para los automóviles son:



Fuente: Software GaBi (Iglesias, 2017) / Gráfico: elaboración propia



Estos valores están mostrados en g/km, pero para su cálculo se ha tenido que tener en cuenta toda la vida útil del proyecto y luego poder obtener el valor en función del kilómetro recorrido. Por ello, se ha estimado una vida útil del coche de 250.000 km, donde se tiene en cuenta tanto la extracción de los materiales para su fabricación, la fabricación del coche, su uso y posterior mantenimiento y reciclaje. Teniendo esto en cuenta, hemos obtenido que el coche de gasolina emite el doble de CO<sub>2</sub> a la atmósfera que el eléctrico y casi 2,5 veces más de niveles de NO<sub>x</sub>, haciéndolo mucho más contaminante.

Cabe destacar que las emisiones del vehículo eléctrico no son nulas como mucha gente puede llegar a pensar, sino que existen emisiones importantes relacionadas con todas las fases de su vida, especialmente en la producción del vehículo. En el coche de gasolina, es la fase de uso la que tiene el mayor impacto sobre el medio ambiente, siendo la fase de vida responsable de casi el 90% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del vehículo.

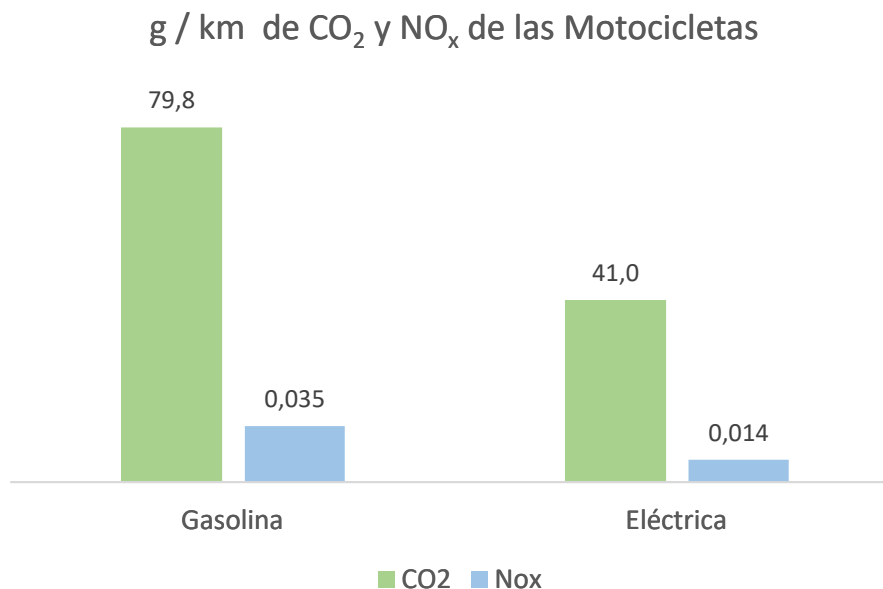
En cuanto a las motocicletas, el equivalente de combustión de nuestra motocicleta eléctrica será una Motocicleta estándar de 125cc propulsada por gasolina, utilizaremos el modelo Kymco Agility como guía ya que es la motocicleta más vendida del mercado en España. La diferencia de pesos y materiales de cada una introducidos en el software GaBi se muestra a continuación:

Material	Motocicleta 125cc		Motocicleta Eléctrica	
	peso (kg)	% peso	peso (kg)	% peso
Acero	104,5	79,8%	32,3	26,9%
Plásticos	15,8	12,1%	22,2	18,5%
Caucho	4,5	3,4%	3,8	3,2%
Plomo	2,4	1,8%	16,8	14,0%
Aluminio	2,1	1,6%	0,9	0,8%
Cobre	1,4	1,1%	3,9	3,3%
Níquel	0,4	0,3%	0	0,0%
Fluidos	0,0	0,0%	4,7	3,9%
Vidrio	0,0	0,0%	0,4	0,3%
Batería Elect.	-	-	35	29,2%
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>100%</b>	<b>120</b>	<b>100%</b>

Fuente: (Camuñas, 2017) Tabla: elaboración propia

Observamos como la principal diferencia entre los dos tipos de vehículos se encuentra en la batería Ion Litio presente en el vehículo eléctrico. Esta, además, será la responsable de gran parte de las emisiones producidas por el vehículo eléctrico.

Una vez introducidos los materiales de cada motocicleta y seleccionado los procesos presentes en la vida de cada una de ellas, el programa nos proporciona el siguiente resultado de emisiones:



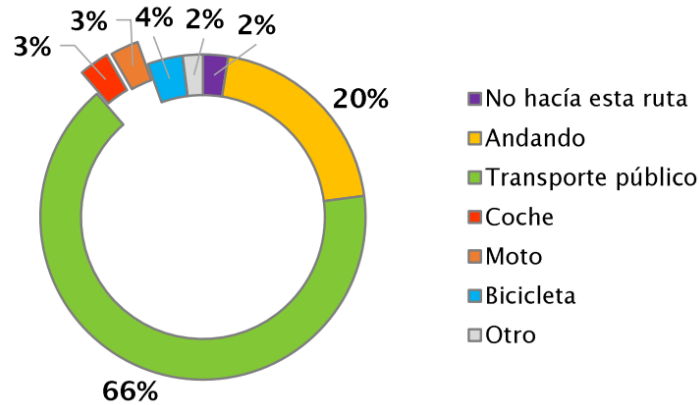
Fuente: Software GaBi / Gráfico: elaboración propia

Estos resultados están en función del km recorrido, y para ello se ha supuesto una vida útil de las motocicletas de 100.000 km. Analizando los resultados, podemos observar como la motocicleta de gasolina emite casi 2 veces más cantidad de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y 2,5 veces más de NO<sub>x</sub> que su homólogo eléctrico. En cuanto a las etapas de vida que emiten más CO<sub>2</sub>, existe una diferencia clara entre ambas motocicletas. En la motocicleta propulsada por gasolina, el 90% de las emisiones provienen del tubo de escape en la fase de uso, y solo el 10% proviene de la extracción de materiales, la fabricación de la moto y el transporte. Muy diferente a lo que sucede con la motocicleta eléctrica, donde el uso solo supone el 31% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, y la fabricación de la moto es responsable del 68%. Números que aun así se encuentran por debajo del automóvil, con el que se realizará una comparativa más adelante.

### 5.1.2. Bicicleta y Patinete eléctricos vs Transporte público

Dado que tanto la bicicleta como el patinete eléctricos no tienen un homólogo de combustión, o lo tienen, pero de manera poco relevante en el mercado, hemos decidido para este proyecto analizar el tipo de usuario de estos servicios y la alternativa que utilizarían en caso de no

coger la bici o el patinete. Como se puede observar en la siguiente gráfica elaborada por el Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) para BiciMAD, el 66% de los usuarios que utilizan ese servicio provienen del transporte público.



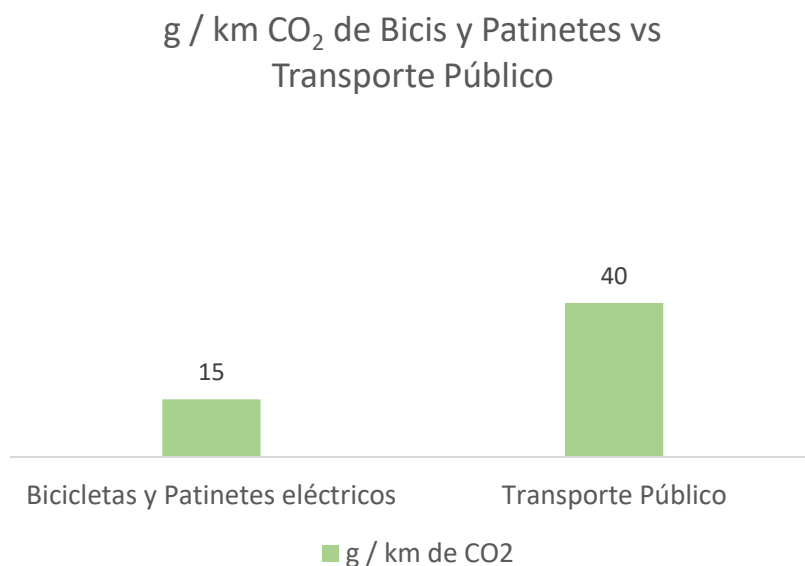
Fuente: Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT, 2015)

Teniendo esto en cuenta, compararemos a los usuarios de BiciMAD con su alternativa, el transporte público. Además, consideraremos a los usuarios del patinete eléctrico similares a los de BiciMAD en su comparativa frente al transporte público, ya que ambos son sistemas utilizados mayoritariamente para rangos de distancias cortas.

El transporte público utilizado como alternativa a la bicicleta o el patinete engloba al metro, tren y autobuses de la ciudad de Madrid. Estos medios de transporte utilizan electricidad, gasolina o diésel para funcionar. así que presentarán distintas emisiones. Según datos del Proyecto CeroCO, las emisiones de CO<sub>2</sub> por medio de transporte son de 35 g/km por persona para el autobús y 42 g/km por persona para el tren y metro (Nuñez, 2012). Debido al gran número de pasajeros que utilizan el metro y el tren en la ciudad de Madrid, estimaremos en 40 g/km por persona como las emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte público para este proyecto. Además, como estos valores son por persona y no por vehículo, será fácil su comparación frente a la bicicleta o el patinete ya que son medios de transporte de uso individual.

En cuanto a las emisiones producidas por la bicicleta y el patinete eléctricos, también es común pensar que son nulas, pero como ya hemos explicado antes en este proyecto, no es así. Existen emisiones derivadas de la fabricación de los vehículos y durante su fase de uso, la energía utilizada para cargarlos no es siempre 100% limpia. Teniendo esto en cuenta, desde la UPM han realizado un ACV para calcular las emisiones de las bicicletas eléctricas teniendo en cuenta todas las fases de su vida útil, estimando que ésta tendrá utilidad 20.000 km. Han revelado que una bicicleta eléctrica emite 300 kg de CO<sub>2</sub> en todo su ciclo de vida, lo que deriva en 15 g/km de CO<sub>2</sub> a

la atmósfera (Sanz, 2017). Dado que tanto la bicicleta como el patinete eléctricos presentan un motor eléctrico similar de potencia, 250W, vamos a suponer que las emisiones de ambos son iguales. Con estos datos realizamos la comparación de este tipo de vehículos frente al transporte público:



Fuente: (Nuñez, 2012) y (Sanz, 2017) / Gráfico: elaboración propia

Se observa como aun siendo medios de transporte con pocas emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente, éstas siguen estando presentes. Utilizar una bicicleta o un patinete eléctrico frente al transporte público equivale a emitir más de 2,5 veces menos de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Sabemos además, que de las emisiones presentes en la bicicleta eléctrica y en el patinete eléctrico, el principal impacto proviene de la extracción de los materiales y la producción de los propios vehículos, con un 60% de las emisiones.

## 5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

En este apartado vamos a analizar los gastos que son fruto de la posesión de un coche privado durante 10 años en la ciudad de Madrid y su impacto económico frente al uso del sistema de transporte compartido. Los coches en los cuales nos vamos a basar para hacer este cálculo son el coche eléctrico Smart EQ de Car2go y para el coche de combustión se ha elegido el Seat León 1.0 de 85 kW y 115 CV.

### 5.2.1. Costes asociados a la posesión de un coche privado

#### 5.2.1.1. Costes Fijos

Estos costes son aquellos presentes en la compra de cualquier automóvil independientemente del uso que se le dé a este. Los gastos fijos que vamos a analizar en este proyecto son el impuesto de matriculación, el coste del seguro, el impuesto de vehículos de tracción mecánica y la ITV pertinente.

#### Impuesto de Matriculación

Este impuesto es aquel que se paga en el momento de comprar y matricular un vehículo ya sea una compra nueva o de segunda mano. El pago se realiza el primer año y la cuantía depende del nivel de emisiones oficiales de CO<sub>2</sub> que emite el vehículo a la atmósfera. La tabla con el impuesto de matriculación se hace pública desde la agencia tributaria y es la siguiente:

- **0%**: para vehículos con emisiones < 120 g CO<sub>2</sub>/km
- **4,75%**: para vehículos con emisiones entre 120 y 160 g CO<sub>2</sub>/km
- **9,75%**: para vehículos con emisiones entre 160 y 200 g CO<sub>2</sub>/km
- **14,75%**: para vehículos con emisiones > 200 g CO<sub>2</sub>/km

Según el fabricante de nuestro vehículo, las emisiones oficiales de CO<sub>2</sub> son de 109 gCO<sub>2</sub>/km, por lo que no tendremos ningún gasto por impuesto de matriculación en nuestro vehículo:

	Precio de compra	Impuesto de Matriculación	Impuesto de Matriculación
Seat León 1.0 85kw	21.900€	0%	0€

Tabla: Coste del Impuesto de Matriculación

## **Coste del seguro**

Para el cálculo del coste del seguro de nuestro vehículo, hemos supuesto que se trata de la compra de un coche nuevo, que tendrá un seguro a todo riesgo los 2 primeros años y que a partir de ahí el seguro será a terceros con asistencia en carretera. Se estimará, por tanto, que la vida del coche es de 10 años.

Desde el comparador de seguros Kelisto.es, realizan un Índice de Precios del Seguro del Coche, que muestra semestralmente la evolución del precio medio del seguro de un coche con distintas pólizas. Nos apoyaremos en estos datos para calcular el coste del seguro medio de nuestro vehículo. El Índice de Precios del Seguro del Coche nos muestra la siguiente tabla de costes del seguro de los últimos años:

	Media del precio de seguros de coche 2017-2018			
	Terceros	Terceros ampliado	Todo riesgo	Media
2017	329,21 €	344,16 €	1.315,77 €	577,53 €
2018	360,75 €	392,52 €	1.585,84 €	634,87 €
Variación 2017-2018 (%)	9,58%	14,05%	20,53%	9,93%
Variación 2017-2018 (€)	31,53 €	48,36 €	270,07 €	57,34 €

Fuente: Comparador de Seguros Kelisto (Kelisto, 2019).

Utilizando estos datos obtenemos el gasto medio del seguro para el coche de estudio de este proyecto:

	Seguro a Terceros	Seguro a Todo Riesgo	Años a terceros	Años a todo riesgo	Coste medio anual del Seguro
Seat León 1.0 85kw	360,75€	1.585,84€	8	2	605,77€

Tabla: Coste medio anual del seguro de un coche

## **Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica**

El impuesto de vehículos de tracción mecánica o IVTM, es un impuesto directo, obligatorio y cuya gestión depende de los ayuntamientos. Afecta a todos los vehículos que desean circular por la vía pública sin importar la naturaleza de estos. En el Artículo 95 del Real Decreto 2/2004 del 5 de marzo (BOE, 2004), establecen que el valor del impuesto a pagar dependerá de los caballos fiscales del vehículo. En él, la ley reguladora de haciendas locales recoge las tarifas que se impondrán a los vehículos y que seguirán de la siguiente manera:

- **12,62€:** para vehículos de < 8 caballos fiscales
- **34,08€:** para vehículos entre 8 y 11,99 caballos fiscales
- **71,94€:** para vehículos entre 12 y 15,99 caballos fiscales
- **89,61€:** para vehículos entre 16 y 19,99 caballos fiscales
- **112,00€:** para vehículos de > 20 caballos fiscales

Para calcular la potencia fiscal de nuestro coche, lo haremos a partir de la cilindrada de su motor y con el número de cilindros de este. La potencia fiscal de los motores estudiados en este proyecto se define como:

$$Potencia\ Fiscal = \left(\frac{C}{N}\right)^{0.6} * k * N$$

Donde:

**C:** Cilindrada del motor del coche en cm<sup>3</sup>

**N:** Número de cilindros del motor

**k:** Coeficiente de 0,08 en los motores de 4 tiempos y 0,11 para los de 2 tiempos.

Obtenemos los siguientes resultados de potencia fiscal de nuestro vehículo y con ello el impuesto IVTM correspondiente que nos tocará pagar:

	Cilindrada en cm <sup>3</sup>	Número de cilindros	Coeficiente	Potencia Fiscal	Impuesto IVTM
Seat León 1.0 85kw	999	3	0,095	9,3	<b>34,08€</b>

Tabla: Coste del Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica

### **Inspección Técnica de Vehículos (ITV)**

La inspección técnica de vehículos o ITV, es un mantenimiento preventivo que se debe hacer al vehículo de manera periódica. Esta inspección solo puede realizarse en las estaciones de ITV certificadas, que se aseguran que los vehículos cumplen con las normativas de seguridad y de contaminantes.

Las tarifas aplicables a cada inspección dependen del vehículo analizado, dependerán de la tipología del motor, el combustible que utiliza el coche y si tiene catalizador o no. Los precios también varían a lo largo de las distintas comunidades autónomas del país, por lo que utilizaremos el precio medio de la inspección en Madrid para el análisis de este proyecto. Según el último informe de FACUA donde comparan las tarifas de ITV de todas las comunidades, el precio medio de la inspección en Madrid de un turismo gasolina con catalizador es de 40,50€.

	Tipo de Vehículo	Tipo de Combustible	Catalizador	ITV
Seat León 1.0 85kw	Turismo	Gasolina	Si	40,50€

Tabla: Coste de la inspección de ITV en Madrid

Este será el precio promedio que deberemos pagar por cada vez que nuestro coche tenga que pasar la ITV. Como para este proyecto hemos supuesto que se compra un coche nuevo de primera mano, la ITV no será necesaria pararla todos los años, estimaremos 6 revisiones para los 10 años que vamos a dar uso nuestro vehículo.

### 5.2.1.2. Costes Variables

Estos costes serán aquellos que dependerán del uso que se le da al vehículo. Los estudiados en este proyecto serán los gastos por mantenimiento del vehículo y los gastos en combustible, y para calcularlos estimaremos un uso del vehículo de 120.000 km a lo largo de 10 años.

#### Mantenimiento

Este coste es el fruto de todas las revisiones y mantenimientos que sufre nuestro vehículo a lo largo de su vida. Para estimarlo, analizaremos las piezas que serán cambiadas con el paso de los kilómetros, cada cuanto hay que cambiarlas y el precio medio de cada una. Con ello obtenemos los siguientes gastos de mantenimiento de nuestro vehículo:

Reparaciones	Cada Km	Coste en €	Coste en 120.000 km
Revisión básica	10.000	60	720€
Aceite y filtros	20.000	120	720€
Neumáticos, líquido de frenos y bujías	40.000	500	1.500€
Pastillas de freno	60.000	150	300€
Amortiguadores	60.000	500	1.000€
Batería, Airbags y Aire acondicionado	80.000	250	250€
Discos de freno	90.000	200	200€
Catalizador	120.000	500	500€
Correas de distribución y de accesorios	120.000	800	800€
<b>Total</b>			<b>5.990€</b>

Tabla: Gastos destinados a mantenimiento de un coche / Fuente: (Minue, 2019) / Tabla: elaboración propia

Una vez hallados los gastos totales en mantenimiento de nuestro vehículo a lo largo de su vida, calculamos el gasto anual en dichas reparaciones y mantenimientos:



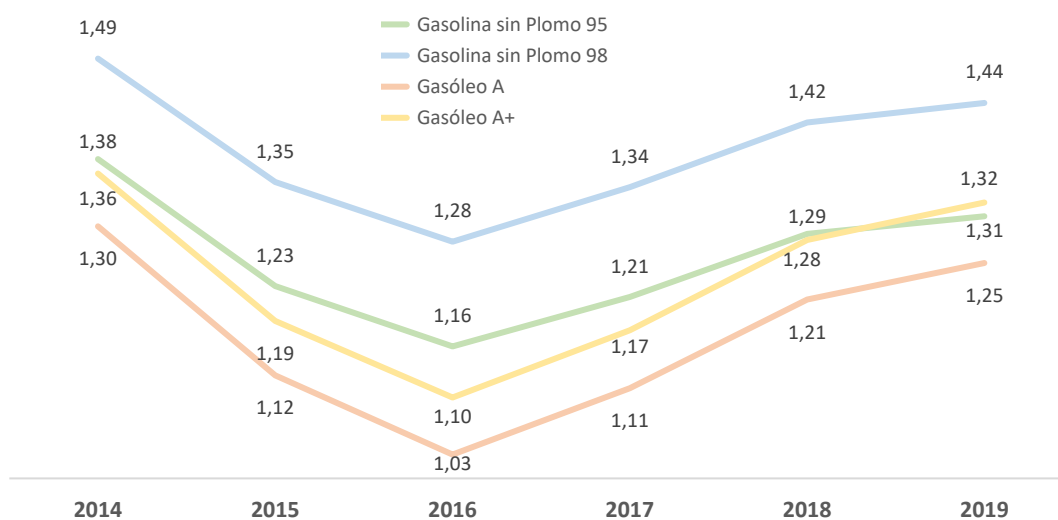
	Km recorridos	Coste del Mantenimiento total	Coste del Mantenimiento
Seat León 1.0 85kw	120.000	5.990€	599€

Tabla: Coste anuales del Mantenimiento de nuestro vehículo

## Combustible

Este coste irá directamente relacionado con el consumo de combustible de nuestro vehículo, y los kilómetros recorridos por el mismo y el combustible utilizado. Los combustibles sufren fuertes variaciones en sus precios cada año, y hacer predicciones a largo plazo sobre como creemos que van a estar de media en los próximos 10 años sería muy costoso. Por ello, vamos a analizar el precio medio de los carburantes estos en los últimos 5 años, pudiendo utilizar así un valor promedio con el que poder hacer los cálculos. En la siguiente figura podemos observar la variación de los precios de los carburantes en Madrid desde 2014:

Precio medio anual del combustible en Madrid (€/L)



Fuente: DieseloGasolina.com / Gráfico: elaboración propia

De la gráfica obtenemos que el precio medio de la Gasolina sin plomo 95 en los últimos 5 años en Madrid es de 1,261€/L, de sin plomo 98 es de 1,387€/L, de Gasóleo A de 1,169€/L y de Gasóleo A+ de 1,236€/L. Con estos datos del precio del combustible y con el consumo de nuestro vehículo facilitado por el fabricante, podemos calcular los gastos variables anuales asociados al combustible:

	Tipo de Combustible	Precio del combustible	Consumo cada 100 km	Km anuales	Gastos anuales en Combustible
Seat León 1.0 85kw	Gasolina 95	1,261€/L	4,8L	12.000	<b>726,34€</b>

Tabla: Coste anual del combustible para nuestro vehículo

A lo largo de los 10 años que vamos a tener el coche, el coste anual del combustible equivalente a hacer 12.000 km al año sería de 726€.

### 5.2.1.3. Coste Financiero

Este coste no es un coste explícito, sino que es el que representa la mejor inversión del capital de una persona que no ha llegado a realizar, es un coste de oportunidad. Este coste se define como:

$$C_{financiero} = \frac{P * (1 + r)^n - P_r}{(1 + r)^n - 1} * r$$

Donde:

**P:** Precio de compra del coche

**r:** interés anual

**n:** número de años que se va a utilizar el coche

**P<sub>r</sub>:** Precio de reventa del coche

Para este proyecto supondremos que el tiempo que el usuario va a poseer el coche van a ser 10 años. El precio de reventa del vehículo puede hallarse en las tablas de valoración de Hacienda que fueron actualizadas en 2018 (BOE, 2018), donde se valora el precio del coche en función de los años de este. Para los coches que tengan entre 9 y 10 años, como es nuestro caso, el valor de reventa será del 19% del precio de compra del mismo. Además, para el interés anual vamos a utilizar en interés para la deuda pública a 7 años que es de un 4,5%. Teniendo esto en cuenta, calculamos el coste financiero de nuestro vehículo:

	Precio de compra	Interés anual	Años de uso	Precio de reventa	Coste Financiero
Seat León 1.0 85kw	21.000€	4,5%	10	4.161€	<b>2.429,00€</b>

Tabla: Coste Financiero de un coche (elaboración propia)

### 5.2.2. Costes asociados al uso de un sistema de *carsharing*

En este apartado vamos a analizar lo que nos costaría utilizar el sistema de *carsharing* si le diésemos el mismo uso que al coche privado. Debemos analizar los distintos usos que se le da este y como podrían cubrirse esos servicios con un sistema de *carsharing*. Para este estudio, utilizaremos a un residente de la zona central de Madrid como ejemplo de usuario del sistema de *carsharing*.

A lo largo del año, el coche privado se utiliza para distintos tipos de viajes. Estos viajes son desde viajes cortos en el interior de la ciudad, casi siempre por motivos laborales a viajes de media distancia a las afueras de ella y luego también viajes de larga distancia que pueden llegar a requerir varios días. De los 12.000 km recorridos al año en coche privado, el ciudadano medio madrileño recorre 12km de su residencia a su puesto de trabajo (Comunidad de Madrid, 2017), lo que hace unos 25km diarios los días laborables, que supondrían un 52% de la distancia total recorrida al año. Además, otro 20% de los km son recorridos en fin de semana o festivos por el interior de la M-30, donde también podremos utilizar un servicio de *carsharing*. Los últimos kilómetros recorridos serán al exterior de la M-30, por lo que tendremos que utilizar otra alternativa al *carsharing*, el alquiler de un vehículo, por ejemplo. Estos viajes representarán el 28% anual ya que incluirán viajes vacacionales que serán de larga distancia.

Teniendo estas estimaciones en cuenta, podremos calcular las carreras que pueden ser satisfechas por un servicio de *carsharing* y las que no, que en este caso serían las de larga distancia, por lo que habría que añadir el coste de un servicio adicional de alquiler de coches. La compañía seleccionada para este alquiler de coche es la antigua BlueMove ahora llamada Ubeejo. Se ha seleccionado esta compañía debida a su popularidad y sus precios económicos. La compañía ofrece un coche económico por 18€ al día si el usuario paga una cuota mensual de 5€, utilizaremos estas tarifas para nuestros cálculos.

	Km a recorrer	Tarifa €/min	Min/km	Tarifa diaria	Días de alquiler	Consumo L/100km	Precio Gasolina	Gastos Anuales	Gastos Totales Anuales
<i>Carsharing</i>	8.640	0,21	3	-	-	-	-	5.443,20€	5.967,35€
Coche alquiler	3.360	-	-	18€	18	4,8	1,26	524,15€	

Tabla: Coste Financiero de un coche (elaboración propia)

Añadiendo tantos los costes asociados al *carsharing* como el coche de alquiler, si al año recorriésemos 12.000 km tendríamos un gasto total de 5.967€.



## CAPÍTULO 6 : CONCLUSIONES

### 6.1. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE TRANSPORTE COMPARTIDO

En este apartado vamos a comparar las emisiones, en g/km, de todos los vehículos estudiados en este proyecto, mostradas en las secciones anteriores. Como hemos mencionado, el coche y la motocicleta serán comparados con sus homólogos de combustión, pero debido a la falta de algo similar en las bicicletas o los patinetes, estos se han evaluado frente a su alternativa, el transporte público. Los datos obtenidos, presentados de manera visual para observar su comparación, se encuentran en la siguiente tabla:

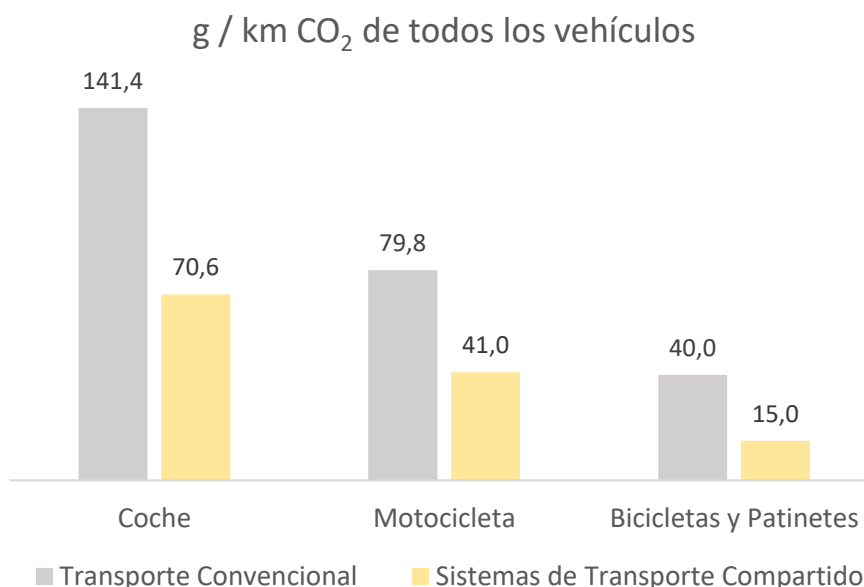


Gráfico: Elaboración Propia

Como era de esperar, los vehículos de mayor tamaño y motor son los que presentan unos niveles de emisiones superiores, siendo el coche con unos niveles mayores de CO<sub>2</sub> seguido por las motocicletas y terminando con las bicicletas y patinetes eléctricos. Estos niveles nos muestran, que en caso de utilizar un sistema de transporte compartido (STC) que tuviese como vehículo un coche o una motocicleta, en vez de su homólogo de combustión, equivaldría a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 50%. Y en el caso de que fuésemos usuarios del transporte público, el uso de las bicicletas o patinetes eléctricos de los STC equivaldría a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 63%. Ambos valores alientan el uso de los sistemas de transporte compartido debido a la

gran cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> que el usuario podría evitar emitir a la atmósfera haciendo uso de ellos.

Una vez visto el impacto que podemos realizar cada uno, de manera individual, al utilizar un sistema de transporte compartido, vamos a analizar el impacto que están teniendo estos sistemas en una ciudad. Para ello, vamos a calcular el uso que tienen estos sistemas en la ciudad de Madrid en la actualidad, ver las emisiones que están emitiendo y compararlas con las emisiones que serían fruto de utilizar el transporte convencional en vez de estos sistemas. Con ello, podremos observar los niveles de CO<sub>2</sub> que están siendo evitados ser emitidos a la atmósfera. En la siguiente tabla se muestran los datos recogidos de cada sistema de transporte compartido y las emisiones diarias que producen su uso:

	Flota	Carreras al día	Emisiones CO <sub>2</sub> [g/km]	Distancia media por carrera [km]	Emisiones diarias [kg CO <sub>2</sub> ]
<b>Carsharing</b> (Car2go)	850	8.500	70,6	5,0	<b>3.001</b>
<b>Motosharing</b> (eCooltra)	1.100	2.500	41,0	5,0	<b>513</b>
<b>Bicycle sharing</b> (BiciMAD)	2.028	7.667	15,0	3,0	<b>345</b>
<b>Scooter sharing</b> (Lime)	641	2.181	15,0	3,0	<b>98</b>

Emisiones diarias de CO<sub>2</sub> producidas por los principales Sistemas de Transporte Compartido en Madrid

Para la obtención de los datos anteriores hemos realizado una serie de hipótesis y estimaciones en función de los datos publicados por cada compañía. Con ellos, obtenemos los niveles de CO<sub>2</sub> emitidos diariamente en Madrid debido a su uso. Ahora vamos a presentar las emisiones que producirían los vehículos de combustión y el transporte público si los usuarios de los sistemas de transporte compartido decidiesen dar uso a su alternativa. Como ya hemos mencionado, el coche y la motocicleta se compararán con su homólogo de gasolina mientras que la bicicleta y patinete eléctricos se evaluarán frente al transporte público, que es su sustituto.

	Emisiones CO <sub>2</sub> [g/km]	Distancia recorrida [km]	Emisiones diarias [kg CO <sub>2</sub> ]
<b>Coche Gasolina</b>	141,4	42.500	<b>6.010</b>
<b>Moto Gasolina</b>	79,8	12.500	<b>998</b>
<b>T. Público (vs bike sharing)</b>	40,0	23.000	<b>920</b>
<b>T. Público (vs scooter sharing)</b>	40,0	6.543	<b>262</b>

Emisiones diarias de CO<sub>2</sub> producidas por el Transporte Convencional de los usuarios de 'vehicle sharing' en Madrid

Con todos estos datos ya podemos calcular el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> que están siendo evitadas en la ciudad de Madrid debido al uso de un sistema de transporte compartido frente al transporte convencional:

	Emisiones evitadas [g CO <sub>2</sub> /km]	Emisiones evitadas diarias [kg CO <sub>2</sub> ]	Emisiones evitadas anuales [Ton CO <sub>2</sub> ]
<i>Carsharing</i>	70,8	3.009	<b>1.098</b>
<i>Motosharing</i>	38,8	485	<b>177</b>
<i>Bicycle sharing</i>	25,0	575	<b>210</b>
<i>Scooter sharing</i>	25,0	255	<b>60</b>

Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas por el uso de un Sistema de Transporte Compartido en Madrid

Con estos niveles podemos observar como la implantación de un sistema de transporte compartido tiene un gran impacto en las emisiones que se producen en una ciudad, siendo un sistema de *Carsharing* el que mayor impacto produce evitando 1.098 toneladas de CO<sub>2</sub> al medio ambiente cada año.

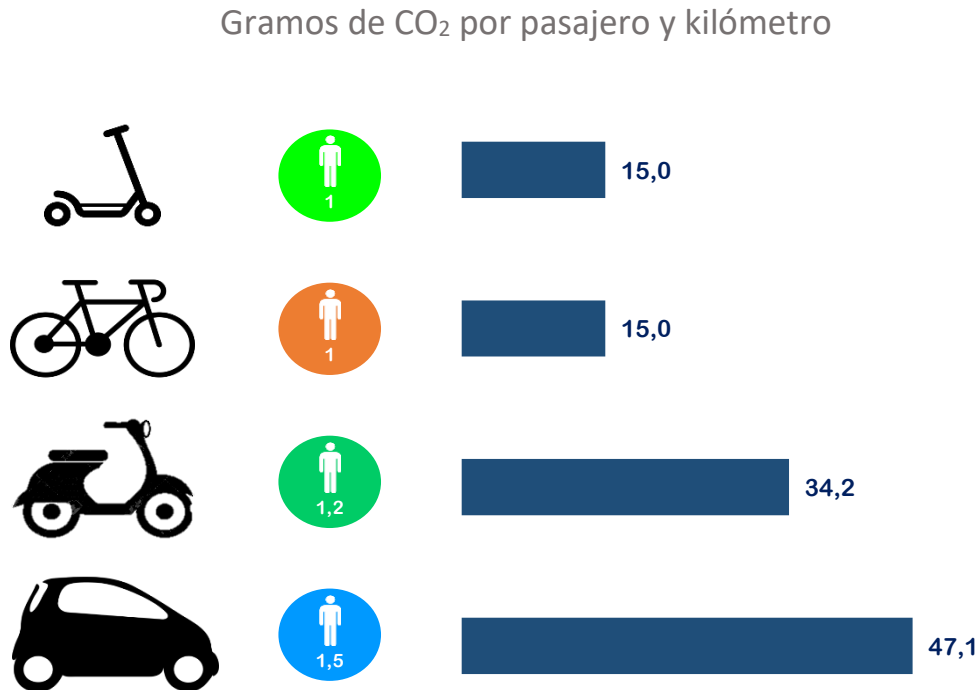
### 6.1.1. Elección más sostenible

Hoy en día, son muchas las opciones de transporte que tiene un usuario a su disposición para poder moverse a diario. En este proyecto hemos analizado como resulta más sostenible el uso de un STC frente a un vehículo de combustión o el propio transporte público, y ahora vamos a analizar qué sistema entre ellos es más sostenible.

Para la elección del sistema de transporte compartido más sostenible, debemos analizar los resultados obtenidos en los apartados anteriores y tener en cuenta además la ocupación media que tiene cada vehículo. Esto es importante ya que los vehículos de mayor tamaño y motor son los que más emisiones producen, pero a la vez, son los que tienen capacidad para poder llevar a más de un pasajero, por lo que será muy importante calcular el impacto por usuario y no por vehículo.

Según las estimaciones de la Agencia Europea del medio ambiente (AEE, 2016), la ocupación media de cada vehículo es de 1,5 personas por coche y 1,2 por moto, mientras que tanto la bicicleta como el patinete se mantienen en una persona por vehículo. Esto va a afectar directamente en los resultados de emisiones del *carsharing* y el *motosharing*, donde habrá que dividir las emisiones calculadas en apartados anteriores entre la ocupación media de cada vehículo. Haciendo esto, las emisiones de un sistema de *carsharing* pasarían de 70,6 gCO<sub>2</sub>/km a 47,1

gCO<sub>2</sub>/km por pasajero y en el sistema de *motosharing*, de 41,0 gCO<sub>2</sub>/km a 34,2 gCO<sub>2</sub>/km por pasajero. En el siguiente esquema podemos observar las emisiones de CO<sub>2</sub> en g/km por usuario de los principales sistemas de transporte compartido en Madrid:



Emisiones de CO<sub>2</sub> por pasajero de los principales sistemas de transporte compartido en Madrid

Mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los patinetes y bicicletas eléctricas se han mantenido iguales ya que solo admiten un pasajero por vehículo, las emisiones del *carsharing* y *motosharing* se han visto reducidas considerablemente al llevar de media a más de un pasajero por vehículo. Aún así, debido a su tamaño reducido y bajas emisiones, los sistemas de transporte más sostenibles son la bicicleta y el patinete tal y como se esperaba en un principio.



## 6.2. IMPACTO ECONÓMICO DE LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA DE CARSHARING FRENTE AL COCHE PRIVADO

Para poder comparar el gasto económico anual del uso de un sistema de *carsharing* como alternativa al coche privado, debemos juntar todos los gastos anuales mostrados en apartados anteriores. Los costes totales anuales asociados a la posesión de un coche privado que recorre 12.000 km siguen la siguiente fórmula:

$$\text{Costes Totales Anuales} = \text{Costes Fijos} + \text{Costes Variables} + \text{Coste Financiero}$$

Donde los costes fijos y los variables se definen como:

$$\text{Costes Fijos Anuales} = \frac{IM}{n} + IVTM + Seg + \frac{n^{\circ}ITV * ITV}{n}$$

$$\text{Costes Variables Anuales} = \frac{Man}{n} + \frac{Cg + Pg * km}{100}$$

Donde:

**IM:** Impuesto de Matriculación

**n:** número de años que se va a utilizar el coche

**Seg:** Seguro medio anual

**IVTM:** Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica

**ITV:** Inspección Técnica de Vehículos

**n°ITV:** Número de inspecciones a pasar en n años

**Man:** Coste medio de las revisiones y mantenimiento

**Cg:** Consumo medio del vehículo [L/100km]

**Pg:** Coste medio de la gasolina [€/L]

**km:** Distancia recorrida anual [km]

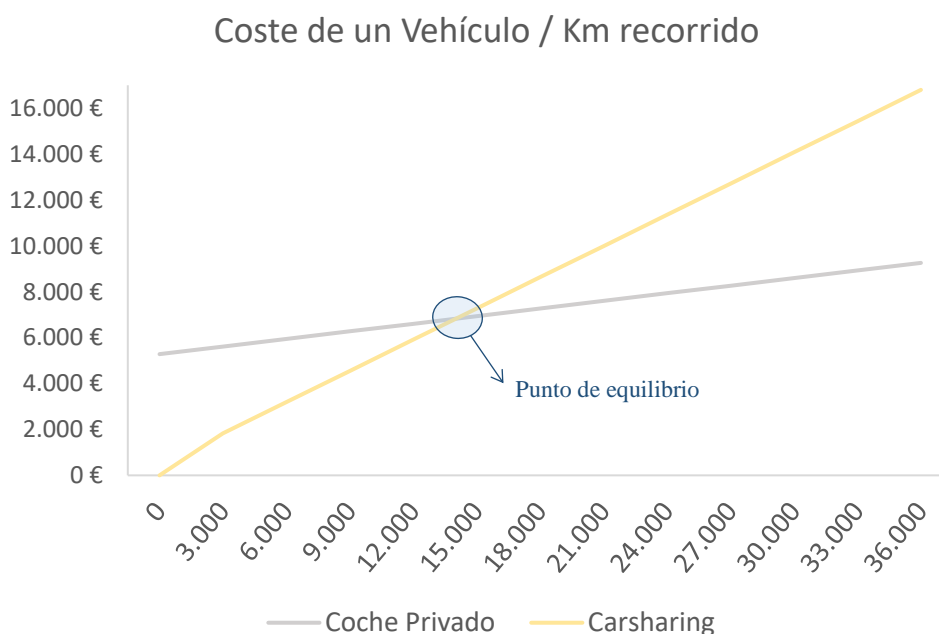
Utilizando las fórmulas y juntando con el gasto de un sistema de *carsharing* que quisiese satisfacer con su servicio el uso habitual de un coche privado obtenemos:

	Km anuales	Costes Fijos	Costes Variables	Coste Financiero	Costes Anuales
Coche Privado	12.000	2.854€	1.325€	2.429€	<b>6.608,48€</b>
<i>Carsharing</i>	12.000	-	-	-	<b>5.967,35€</b>

Comparativa de costes anuales de un coche privado vs *carsharing*

Observamos que si el poseedor de un vehículo privado que recorre 12.000 km al año, utilizando su vehículo a diario, decidiese hacer todos los recorridos con un servicio de *carsharing*, le saldría más económico a final de año, un 11% más barato. De todos los costes asociados a la posesión de un vehículo privado, el 43% son debidos a los costes fijos, un 37% al coste financiero y un 20% está representado por los costes variables anuales. De los costes anuales de un sistema de *carsharing*, el 91% será debido al uso de este tipo de sistema en la zona interior de la M-30 y solo el 9% restante provendrá del alquiler de un vehículo para su uso fuera de esta zona.

Estos resultados están calculados en función de un conductor medio que realiza unos 12.000 km al año, la media anual en España, pero no todos recorreremos la misma distancia y seguramente haya a gente que le salga más económico el uso de un sistema de *carsharing* en vez de tener un coche porque realizan menos km al año y lo contrario para los que realizan mucha distancia con su vehículo. En la siguiente gráfica se muestra donde se encuentra ese punto de equilibrio:



Comparación Coste Total vehículo privado frente a *carsharing* en función de los km recorridos

Hemos igualado ambas rectas de costes para hallar el punto de equilibrio de ambos, que se encontraría en los 13.868 km anuales. Estos resultados indican que cualquier persona que haga

menos de 13.868 km año y tenga a su disposición la posibilidad de utilizar un sistema de *carsharing*, éste le va a salir más económico que la compra de un vehículo privado medio.

### 6.2.1. Factores que impiden el mayor uso del *carsharing* frente al vehículo privado

Los sistemas de transporte compartido llevan varios años sufriendo un increíble auge en la ciudad de Madrid, donde ya se han convertido en un estilo de vida para muchos ciudadanos. Aun así, existen diversos factores y motivos que están impidiendo que este tipo de sistemas tengan un mayor uso, y entre ellos queremos destacar:

- Los servicios de *Carsharing* se encarecen cuando un usuario hace uso de ellos en horas punta y en zonas con gran afluencia de coches. Aparecen atascos y aparcar se convierte en más complicado, eventos que llevan a aumentar el tiempo medio del viaje y por lo tanto termina encareciéndolo.
- Propietarios de vehículos propios que además posean una plaza de garaje en su domicilio o zona de trabajo ven como esa comodidad se desvanece cuando tienen dificultades a la hora de aparcar el vehículo de *carsharing*.
- Muchos propietarios de vehículos privados, a la hora de analizar de manera rápida la diferencia de costes entre su vehículo y el *carsharing* solo tienen en cuenta el valor de los costes variables de su vehículo, que son muy bajos por km recorrido. Deben tener en cuenta también los costes fijos, que ya hemos visto como representan un 43% del total.
- Existen ocasiones en la que los vehículos compartidos no tienen un nivel de batería muy alto, por lo que deberán ser aparcados en una estación de recarga al terminar el recorrido, conllevando un impacto en el usuario.
- Existe un aspecto psicológico por el cual algunas personas prefieren tener un coche propio al uso continuado de un sistema de transporte compartido. La adquisición y posesión de un bien en propiedad, como puede ser un vehículo, puede ir ligada a una sensación de felicidad en las personas, que no verán satisfechas con el uso del *carsharing*.

Aun mencionando todos estos factores que están impidiendo la captación de más usuarios y un mayor uso de los sistemas de transporte compartido, sigue siendo un sector con mucho crecimiento en Madrid y con un gran impacto. En este proyecto hemos analizado las emisiones que pueden ser evitadas utilizando estos sistemas en vez del vehículo personal, y como a muchos

ciudadanos les saldría más barato darles uso en vez de comprarse un vehículo propio. Por todo ello pensamos que cada vez veremos más empresas introducirse en este sector y con los años tendremos una movilidad en la ciudad de Madrid completamente diferente a la que estamos habituados.

## CAPÍTULO 7 : BIBLIOGRAFÍA

- AEE. (2016). *Emisiones de dióxido de carbono procedentes del transporte de pasajeros*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/es/pressroom/infografia/emisiones-de-dioxido-de-carbono/view>
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2016). *Transporte*. Copenhagen: AEMA. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/downloads/a3bace77fb467439ed9fb44fcbf9d349/1464921142/intro.pdf>
- Agencia Europea del Medio Ambiente, A. (2016). *Hacia una movilidad limpia e inteligente. Transporte y Medio Ambiente en Europa*. Obtenido de Madrid.es: [http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspeInf/EnergiayCC/06Divulgaci%C3%B3n/6cDocumentacion/6cHSe%C3%B1ales/Ficheros/Signals\\_2016\\_ES.pdf](http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspeInf/EnergiayCC/06Divulgaci%C3%B3n/6cDocumentacion/6cHSe%C3%B1ales/Ficheros/Signals_2016_ES.pdf)
- Agrelo, M. (2014). *Análisis de ciclo de vida: Metodología clave en el cálculo de la huella de carbono*. Obtenido de <http://www.eco-huella.com/2014/06/analisis-ciclo-vida.html>
- Alamillos, A. (6 de Sept de 2018). *TimeOut*. Recuperado el Ene de 2019, de La guía mas completa del transporte alternativo en Madrid: <https://www.timeout.es/madrid/es/que-hacer/la-guia-mas-completa-del-transporte-alternativo-en-madrid>
- ANFAC, A. E. (2017). *Informe Anual 2017 - Frabricación Inteligente*. Obtenido de ANFAC: [file:///D:/Users/alvaro/Desktop/TFM/Referencias/parque-de-vehiculos-2017-para-web\\_.pdf](file:///D:/Users/alvaro/Desktop/TFM/Referencias/parque-de-vehiculos-2017-para-web_.pdf)
- APTeMUS. (22 de 05 de 2019). *Revisión del Inventario PMUS España*. Obtenido de <http://www.aptemus.org/tag/inventario-pmus-espana/>
- Ayuntamiento de Madrid. (2017). *Plan de movilidad Urbana Sostenible de la ciudad de Madrid*. Madrid.
- Ayuntamiento de Madrid. (2018). *Ordenanza de Movilidad Sostenible*. Madrid: Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid.
- Ayuntamiento de Madrid. (2019). *Portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid*. Recuperado el 16 de 01 de 2019, de BiciMAD. Alta de usuarios y usos por día del servicio público de bicicleta eléctrica: <https://datos.madrid.es/portal/site/egob/menuitem.c05c1f754a33a9fbe4b2e4b284f1a5a0/?vg>

nextoid=6d8bdae2be63c410VgnVCM1000000b205a0aRCRD&vgnextchannel=374512b9ace9f310VgnVCM100000171f5a0aRCRD

BioBike. (24 de Marzo de 2017). *BIOBIKE.ES*. Obtenido de <https://www.biobike.es/2017/03/24/la-huella-de-carbono-de-las-bicicletas-electricas/>

BOE. (2004). *Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales*. Boletín. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2004/BOE-A-2004-4214-consolidado.pdf>

BOE. (2017). *Real Decreto 39/2017*. Madrid: BOE. Obtenido de <http://normativa.infocentre.es/sites/normativa.infocentre.es/files/noticias/20223587e.pdf>

BOE. (2018). *Disposiciones Generales 24 de diciembre de 2018*. Ministerio de Hacienda. Obtenido de <https://www.boe.es/boe/dias/2018/12/24/pdfs/BOE-A-2018-17664.pdf>

BORREGUERO, M. M. (2016). *Análisis Económico Ambiental del uso privado de vehículos frente a su uso compartido*. Universidad Politécnica de Valencia.

Camuñas, Á. (2017). *Análisis del ciclo de vida de las motocicletas y su impacto medioambiental*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas ICAI.

Car2go. (2016). car2go celebra su primer aniversario, un viaje de 7,9 millones de km en Madrid., (pág. 3). Madrid.

Car2go. (2019). car2go cierra un 2018 lleno de éxito gracias a un mayor número de usuarios y alquileres., (pág. 3). Madrid.

Coches.net. (02 de 05 de 2019). *Ficha Técnica Seat León*. Obtenido de [https://www.coches.net/fichas\\_tecnicas/seat/leon/berlina/ficha-tecnica-seat-10-ecotsi-85kw-stsp-style-115cv-5p-gasolina-715830920190401-ffft.aspx](https://www.coches.net/fichas_tecnicas/seat/leon/berlina/ficha-tecnica-seat-10-ecotsi-85kw-stsp-style-115cv-5p-gasolina-715830920190401-ffft.aspx)

Comunidad de Madrid. (2014). *Plan de movilidad Urbana Sostenible de la ciudad de Madrid*. Madrid: PMUS. Obtenido de [https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCMovilidadTransportes/MOVILIDAD/PMUS\\_Madrid\\_2/Ficheros/Plan%20de%20Movilidad%20de%20Madrid%20JGobierno%2026junio2014.pdf](https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCMovilidadTransportes/MOVILIDAD/PMUS_Madrid_2/Ficheros/Plan%20de%20Movilidad%20de%20Madrid%20JGobierno%2026junio2014.pdf)

- Comunidad de Madrid. (2017). *Boletín del Atlas de movilidad residencia-trabajo en la Comunidad de Madrid 2017*. Madrid. Obtenido de <http://www.madrid.org/iestadis/fijas/estructu/general/territorio/descarga/batlasmo17.pdf>
- DBK. (2018). *Previsiones en el Mercado de Automóviles Eléctricos*. Informes especiales. Obtenido de <https://www.dbk.es/es/estudios/16785/summary>
- DGT, D. G. (2017). *Estadísticas e Indicadores: Parques de Vehículos - Tablas estadísticas*. Obtenido de Dirección General de Tráfico (DGT): <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/anuario-estadistico-de-general/Anuario-estadistico-general-2017.pdf>
- Eco-Inteligencia. (2013). *Análisis del ciclo de vida*. Obtenido de Eco-Inteligencia: <http://www.ecointeligencia.com/2013/02/analisis-ciclo-vida-acv/>
- González, M. (2007). *Ideas y buenas prácticas para la movilidad sostenible*. Madrid: Ecologistas en Acción.
- Govecs. (08 de 2017). *Govecs Germy*. Obtenido de Govecs True Electric Mobility: [https://www.e-scooter.co/wp-content/uploads/2017/08/23122016\\_Technical\\_Data\\_Sheet\\_GO\\_\\_S1.5.pdf](https://www.e-scooter.co/wp-content/uploads/2017/08/23122016_Technical_Data_Sheet_GO__S1.5.pdf)
- Greenpeace. (2018). *Ranking de Movilidad Sostenible*. Obtenido de Sootfreecities: [https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/05/City\\_Ranking\\_Report\\_Madrid.pdf](https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/05/City_Ranking_Report_Madrid.pdf)
- Howe, E. (2018). *Global Scootersharing Market Report 2018*. Innoz.
- Iglesias, G. (2017). *ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV) DE AUTOMÓVILES CON DIFERENTES SISTEMAS DE PROPULSIÓN*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- INE. (2018). *Estadística de transporte de viajeros*. Instituto Nacional de Estadística.
- ISM. (2014). *Análisis del ciclo de Vida: Conceptos y Metodologías*. Obtenido de Instituto Superior del Medio Ambiente: [http://www.ismedioambiente.com/wp-content/uploads/2013/12/Dossier\\_OL\\_ACV\\_1402.pdf](http://www.ismedioambiente.com/wp-content/uploads/2013/12/Dossier_OL_ACV_1402.pdf)
- Kelisto. (2019). *El precio del seguro de coche se disparó casi un 10% en 2018*. Nota de prensa, Madrid. Obtenido de <https://www.kelisto.es/system/resources/W1siZiIsIjIwMTkvMDEvMTcvMTEvMjgvMjcvMTdmZTEwMDctYTcxOS00NjI1LWExMDQtODNkNTI4OGEzMTQ0L05kUF9FbCBwc>

mVjaW8gZGVsIHNIz3VybyBkZSBjb2NoZSBzZSBkaXNwYXLDsyBjYXNpIHVuIDEwJSBlbiAyMDE4LnBkZiJdXQ/NdP\_El%20precio%20de%20seguro%2

Leon, C. S. (27 de Junio de 2014). *El País*. Recuperado el 16 de Enero de 2019, de Un día a pedales con BiciMad:

[https://elpais.com/ccaa/2014/06/27/album/1403902812\\_899944.html#foto\\_gal\\_1](https://elpais.com/ccaa/2014/06/27/album/1403902812_899944.html#foto_gal_1)

Madrid, A. d. (2018). *Calidad del aire. Madrid 2017*. Obtenido de mambiente.munimadrid.es:

<http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/export/sites/default/cal aire/Anexos/Memoria2017.pdf>

Minue. (13 de Febrero de 2019). *Xataka*. Recuperado el 13 de Mayo de 2019, de

<https://www.xataka.com/automovil/cuanto-cuesta-de-media-tener-un-coche-en-propiedad>

Monitor Deloitte. (2017). *Car Sharing in Europe*.

Núñez, I. (2012). *Implantación de un sistema público de biciletas eléctricas en la ciudad de Madrid*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.

OMS. (2017). *Los efectos sobre la salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud:

[http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/health\\_impacts/es/index1.html](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/index1.html)

Quiroga, B. (22 de 06 de 2017). *Twenergy*. Recuperado el 24 de 12 de 2018, de Una iniciativa de Endesa por la eficiencia y la sostenibilidad: <https://twenergy.com/a/5-ventajas-del-vehiculo-electrico-2690>

Romero, N. B. (2018). *Cultura territorial e innovación social ¿Hacia un nuevo modelo metropolitano en Europa del Sur?* PUV Universitat de Valencia .

Sanz, D. D. (2017). *HUELLA DE CARBONO DE LA BICICLETA ELÉCTRICA. MODELIZACIÓN DEL CICLO DE VIDA CON DATOS PRIMARIOS Y ADAPTACIÓN A BICIMAD*. Madrid: UPM.

Shaheen Susan, C. A. (2018). *INNOVATIVE MOBILITY: CARSHARING OUTLOOK*. University of Berkeley, California, Transportation Sustainability Research Center.

Smart. (2019). *Smart.com*. Recuperado el 15 de Enero de 2019, de

<https://www.smart.com/es/es/index/smart-eq-fortwo-453/technical-data.html#engine0>

TRANSyT. (2015). *PRINCIPALES RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS EX-ANTE Y EX-POST ACERCA DE BICIMAD*. Obtenido de



[http://www.transyt.upm.es/phocadownload/investigacion/BiciMad/resultados\\_encuesta\\_bici\\_mad\\_2015.pdf](http://www.transyt.upm.es/phocadownload/investigacion/BiciMad/resultados_encuesta_bici_mad_2015.pdf)

Ubeeqo. (16 de 05 de 2019). *Ubeeqo.com*. Obtenido de <https://global.ubeeqo.com/es-es/carsharing-madrid/precios>

Unión Europea. (2014). *DIRECTIVA 2014/94/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos*. UE.

Universidad Pontificia Comillas IIT. (2018). *Observatorio del Vehículo Eléctrico y Movilidad Sostenible*. Recuperado el 27 de 12 de 2018, de Legislación y Normativa: <https://evobservatory.iit.comillas.edu/legislacion-y-normativa>

WBCSD. (2001). *Movilidad 2001 Perspectiva General*. World Business Council for Sustainable Development.

WWF. (2013). *Informe de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España*.