

Trabajo Fin de Grado

Movilidad urbana: patrón de movilidad actual,
principales externalidades negativas y
soluciones *Smart City*

Autor:

Mario Giner Vera

Director:

Luis Antonio Sáez Pérez

Facultad de Economía y Empresa.
Año 2019.

ABSTRACT

The following project under the title: “***Urban Mobility: the current mobility pattern, main negative externalities and Smart City solutions***”, has as main objectives: to help understand the concept of Smart City, obtain a mobility pattern that could be extended to a large number of European cities, and find out what are the main market failures of this pattern, focusing special attention to negative externalities, finally, a series of solutions to them will be propose applying directly or indirectly Smart City tools.

Firstly, the growing importance of the city today will be introduced. From this point, a series of definitions of the Smart City concept contributed by different organizations such as the E.U. or the U.N. will be presented, and the different dimensions covered by this term will be analyzed.

Subsequently, I will proceed to extract a pattern of mobility extensible to many European cities. For this, I have decided to select a compact city such as Barcelona, and a diffuse city like Berlin with the aim of analysing their mobility patterns and extract the points in common between them in order to obtain some mobility guidelines that could be generalizable to a large number of cities in Europe.

Once this pattern has been obtained, I will proceed to determine which are the main characteristics of the urban space, on which mobility is developed. Later, and based on these results, a reflection will be carried out about the main market failures, with special emphasis on the negative externalities of acoustic and environmental pollution, as well as congestion.

Finally, a series of solutions to the externalities presented will be shown. In these solutions the Smart City tools can demonstrate its usefulness in solving market failures, allowing to improve efficiency but also equity. Ultimately, a brief personal reflection about the whole work and a series of conclusions will be presented.

CONTENIDO

Abstract.....	1
Introduccion.....	3
1. ¿Qué es una <i>Smart City</i>?	4
1.1. Una sociedad urbana.	4
1.2. Definiciones de <i>Smart City</i>	5
1.3. <i>Smart City</i> : seis dimensiones de carácter transversal.	6
2. La Movilidad.	9
2.3. ¿Por qué Berlín y Barcelona?	10
3. La movilidad actual: Berlín y Barcelona.	12
3.3. Berlín.....	12
3.4. Barcelona.	13
3.5. Conclusiones en el patrón de movilidad.	14
4. ¿Qué implicaciones tiene nuestro modelo actual de movilidad?	17
4.3. Movilidad y espacio urbano: ¿un bien público?.....	17
5. Externalidades.	20
5.1. La contaminación atmosférica y acústica.....	21
5.2. Congestión y siniestralidad.	23
6. Soluciones <i>smart</i> a las externalidades.	26
6.1. Soluciones Smart al problema de la contaminación atmosférica.	28
6.2. Soluciones <i>Smart</i> a los problemas de congestión.....	31
6.3. Soluciones <i>Smart</i> y equidad.....	34
7. Discusion.....	36
8. Conclusion.	37
9. Referencias bibliográficas.	38

INTRODUCCION.

En un mundo cada vez más urbanizado y globalizado, en el que existe un continuo movimiento de personas, y en el que la tecnología está cada vez más presente en nuestro día a día; las ciudades se enfrentan a nuevos y más complicados retos. La forma en la que las diferentes ciudades deciden afrontarlos y el apoyo que encuentran en las nuevas tecnologías para tal tarea, abre todo un nuevo mundo de posibilidades, que en un futuro no muy lejano cambiará la forma en la que concebimos la vida en una urbe a todos los niveles.

En este caso, he decidido centrarme especialmente en el aspecto de la movilidad urbana por varios motivos: en primer lugar, por interés personal acerca de esta cuestión; en segundo lugar, por el creciente debate en los medios de comunicación generado como consecuencia de la aparición de nuevas formas de transporte autónomo urbano, y finalmente, desde mi punto de vista, por la creciente importancia que va a tener la movilidad en las futuras revoluciones tecnológicas y por el papel imprescindible que puede desempeñar en el desarrollo de la economía sostenible de la que tanto escuchamos hablar.

El presente trabajo de fin de grado pretende ayudar a la comprensión del concepto de *Smart City* (ciudad inteligente), y la creciente relevancia de este sistema de gestión urbana, poniendo especial énfasis en los aspectos relacionados con la movilidad.

A continuación, me centraré en el campo de la movilidad urbana. Para ello, en primer lugar, se realizará un análisis de los patrones de movilidad actuales a través del estudio del caso concreto de las ciudades de Berlín y Barcelona, más tarde, y a partir de las conclusiones obtenidas, se abordará la cuestión de la movilidad urbana desde el punto de vista de la Economía Pública, y se expondrán las principales ineficiencias o fallos de mercado asociados al modelo actual haciendo especial énfasis en las externalidades negativas, para finalmente plantear sus posibles soluciones dentro del marco de las herramientas *Smart City*.

1. ¿QUÉ ES UNA *SMART CITY*?

En el presente apartado, se expondrán las principales definiciones del concepto *Smart City*, así como sus principales ámbitos de actuación. Sin embargo, teniendo en cuenta que este Trabajo de Fin de grado se centra en los fenómenos de movilidad en el **ámbito urbano**, considero imprescindible introducir la creciente importancia de las ciudades en la sociedad actual.

1.1. Una sociedad urbana.

Si hay algo que caracteriza a la sociedad del siglo XXI es que se trata de una sociedad mayoritariamente urbana y con tendencia a serlo cada vez más. “El 54 por ciento de la población mundial actual reside en áreas urbanas y se prevé que para 2050 llegará al 66 por ciento” (Naciones Unidas, 2014).

El ámbito urbano es el espacio en el que habita e interactúa gran parte de la sociedad. Es por esto, que el análisis de las ciudades nos permite conocer cómo evoluciona la misma; más aún si tenemos en cuenta que tal y como ya indicaba la Comisión Europea en 2014, la frontera de lo rural y lo urbano está cada vez más desdibujada y que elementos que hasta ahora relacionábamos estrictamente con las ciudades comienzan a aparecer también en entornos rurales dando lugar al proceso conocido como “rururbanización”. La ciudad es un sistema a través del cual se articula el territorio y en el que se producen una serie de interacciones muy variadas que se prestan al análisis multidisciplinar, desde el punto de vista de la historia, la economía, o la geografía entre otros campos.

Cada vez más, la ciudad es entendida como un área de actuación que permite la eficiencia técnica; además, el mundo actual se enfrenta a una cada vez mayor proporción de su población habitando en estos sistemas. Por lo que surge la necesidad de hacer frente a retos como la distribución de los recursos, la administración de los servicios, o el provisionamiento de infraestructuras que eviten fallos en la sostenibilidad y el funcionamiento de las ciudades. Frente a los grandes retos del mundo urbano, han aparecido en las últimas décadas una serie de herramientas relacionadas fundamentalmente con las **Tecnologías de la Información y de la Comunicación**, en adelante “T.I.C.”; que permiten mediante su uso conectado e interdisciplinar una gestión más sencilla, eficiente y equitativa de la ciudad, naciendo así el concepto de *Smart Cities*.

En este punto y antes de definir el concepto *Smart City*, es necesario entender el concepto de **gestión urbana**, que, desde un enfoque micro, (Milgrom y

Roberts 1997), consiste en coordinar las acciones de los diferentes agentes individuales de tal forma, que creen una estrategia que consiga motivar a los ciudadanos para que actúen de acuerdo con ella. Bajo esta definición, se desarrolla el ámbito de actuación de las herramientas *Smart City*.

1.2. Definiciones de *Smart City*.

Existen múltiples definiciones para el concepto *Smart City*, aunque en todas ellos se encuentran una serie de rasgos comunes que engloban conceptos como tecnología, desarrollo, o multidisciplinariedad. Así queda claro en la definición de *Smart City* que nos muestra La **Comisión Europea**.

Una ciudad inteligente es un sistema integrado en el que el capital tanto humano como social interactúan utilizando soluciones basadas en la tecnología. Su objetivo es lograr de manera eficiente un desarrollo sostenible y resistente, y una alta calidad de vida sobre la base de múltiples asociaciones entre las partes interesadas que conforman el municipio. (JRC report, 2012)

En términos similares se pronunciaba la doctora y experta en urbanismo de la universidad de Myanmar Moe Thuzar. Aunque en este caso, la definición es algo más completa y nos permite intuir el ámbito multidisciplinar de actuación de las premisas *Smart City*, más allá de los aspectos meramente tecnológicos.

Las ciudades inteligentes del futuro necesitarán políticas de desarrollo urbano sostenible donde todos los residentes, incluidos los pobres, puedan vivir bien y se mantenga la atracción de los pueblos y ciudades. [...] Las ciudades inteligentes son ciudades que tienen una alta calidad de vida; aquellas que persiguen el desarrollo económico sostenible a través de inversiones en capital humano y social, la mejora de las infraestructuras de comunicación tradicional y el impulso de las modernas (transporte y tecnología de comunicación de información); y que gestionan los recursos naturales a través de políticas participativas. Las ciudades inteligentes también deben ser metas económicas, sociales y medioambientales sostenibles y convergentes. (Moe Thuzar, *Urbanization in southeast Asia: ¿Developing Smart cities for the future?* December 2011.)

Y, por último, me gustaría destacar la definición que nos presenta el M.I.T. de Massachusetts, la cual me parece de especial interés por el hecho de ser la más

breve pero a la vez la más divulgativa en el sentido en que facilita la comprensión del término *Smart City* para aquellas personas con un desconocimiento total del concepto.

Sistema de sistemas donde están apareciendo grandes oportunidades para la optimización a todos los niveles, desde las aplicaciones y dispositivos de los ciudadanos, hasta los edificios, e incluso hasta regiones urbanas completas. (Mitchell, 2011.)

Basándonos por tanto en las definiciones anteriores, podríamos entender que una *Smart City* actúa en esencia como un punto de encuentro entre capital social, humano, tecnologías e infraestructuras puestas al servicio de los ciudadanos con la finalidad de mejorar sus vidas y la sostenibilidad de sus relaciones con el entorno sirviéndose principalmente de la tecnología.

1.3. *Smart City*: seis dimensiones de carácter transversal.

El aumento poblacional de las ciudades así como de su complejidad como focos de todo tipo de relaciones de carácter transversal, hacen que aparezca la necesidad de un nuevo modelo de Gestión urbana que denominaremos *Smart Cities*. Este modelo deberá innovar en el *modus operandi* en el que se organiza la vida urbana, aunque deberá ir más allá y servir como una **estrategia** que permita superar la pobreza y la desigualdad, el desempleo, o los problemas relacionados con la gestión energética, tal y como apunta la Comisión Europea, (*Mapping Smart cities*, 2015), y en línea con los principales puntos de la agenda de **desarrollo sostenible 2030** aprobada el 25 de septiembre de 2015 en la O.N.U., de ahí su carácter multidisciplinar.

Con estos objetivos claros, numerosos institutos y organizaciones oficiales como el I.E.S.E.C., la ONU, o la Unión Europea, coinciden en dividir las herramientas *Smart City* en **6 dimensiones** diferenciadas. Las definiciones de cada uno de los campos que se presentan a continuación se basan en los estudios sobre *Smart City* de la comisión europea citados anteriormente y diversos autores expertos en la materia.

1. **Smart Governance / Gobierno Inteligente:** al hilo de las definiciones de la Comisión Europea o de expertos en la materia como Andrés Monzón (2015), se trata del uso del **internet de las cosas** (interconexión digital de objetos cotidianos a internet) como herramienta de comunicación vertical y horizontal entre las instituciones y los ciudadanos con la finalidad última de generar cohesión territorial e incrementar el carácter participativo de la gobernanza.

Al hilo de esta definición intuimos acciones ya visibles en numerosas ciudades de nuestro entorno, como la aparición de presupuestos participativos en ciudades como Madrid o Zaragoza entre otras muchas, o la preocupación creciente entre los consistorios por los “portales de transparencia”, servicios de “*Open Data*” a nivel municipal que pretende hacer accesible a los ciudadanos la

2. **Smart Economy / Economía Inteligente:** La economía inteligente se podría concretar al hilo de la definición de la Comisión Europea (2015) como: “el uso de las T.I.C. como herramienta de mejora e innovación en los bienes y servicios, sus formas de transacción física y virtual, y la transmisión de conocimientos en el ámbito del *e-commerce* y el *e-business*.”

Ejemplo de ello son los nuevos servicios de movilidad compartida, la venta electrónica, los métodos de pago electrónico en el transporte público, las aplicaciones móviles que ponen en contacto a nivel municipal a hosteleros y comerciantes con los clientes, o los servicios de hospedería como *Airbnb* y un larguísimo etc.

3. **Smart Enviroment / Medio Ambiente Inteligente:** hay una gran cantidad de información acerca de este concepto, aunque si lo reducimos únicamente a lo que a herramientas *Smart City* se refiere, lo podríamos sintetizar como todo aquel conjunto de acciones enfocadas a: reducir la dependencia de las energías fósiles y su sustitución por fuentes de carácter renovable, mejorar la eficiencia energética mediante la optimización de sus uso, evitar el impacto urbano sobre los recursos hídricos, disminuir la contaminación ambiental y acústica y minimizar en definitiva el impacto de la actividad urbana en el entorno.

4. **Smart People / Sociedad Inteligente:** de acuerdo a la definición de la Comisión Europea, podríamos decir que la “Sociedad inteligente”, es aquella que surge del aprovechamiento del internet de las cosas y de las T.I.C. puestas al servicio de los individuos de forma que favorezcan la autonomía en sus procesos educativos, laborales, y de toma de decisiones en un entorno social inclusivo, fomentando el desarrollo y la innovación, y permitiéndoles llevar a cabo libremente sus proyectos vitales, es decir, un capital social que permita el desarrollo del capital Humano. En este sentido, vemos como el concepto de sociedad inteligente está estrechamente ligado a los nuevos conceptos de desarrollo de autores como Amartya Sen.

5. **Smart Living / Estilo de vida Inteligente:** este término hace referencia a un estilo de vida, consumo y comportamiento apoyado en las T.I.C. que permita una vida segura y sana en el contexto de una ciudad vibrante y

multicultural con garantías de acceso a la vivienda y elevados niveles de cohesión y capital social. Podríamos resumir el concepto *Smart Living*, como la consecución del Estado del Bienestar, apoyado en el uso de las T.I.C.



Imagen1: Las seis dimensiones que conforman una Smart City, Fuente: Comisión Europea.

En los siguientes epígrafes, se abordará el concepto *Smart Mobility*, o Movilidad inteligente, objeto principal de estudio de este trabajo y sexta dimensión del concepto *Smart City*.

2. LA MOVILIDAD.

Según la Real Academia de la lengua Española, (R.A.E.), la movilidad es “la capacidad y/o posibilidad de moverse o desplazarse”, al hilo de esta definición, podríamos hablar de la **movilidad urbana** como la capacidad de moverse o desplazarse dentro del espacio urbano. Esta necesidad básica, ha sido satisfecha por los habitantes de las ciudades a lo largo de toda la historia, y al igual que el ser humano, la forma de desplazarse ha ido evolucionando a lo largo del tiempo.

Llegados a este punto, es claro que la movilidad está en un proceso constante de transformación y tal y como indica Lyons, G. (2018), miembro del centro para el transporte y la sociedad de la University of West England, la movilidad como actualmente la conocemos podría modificarse por diversos motivos; nuevas formas de propulsión, nuevas formas de control de vehículos, nuevas formas de propiedad y uso de los transportes privados, tecnologías móviles, así como la cada vez menor necesidad de desplazarnos para llevar a cabo determinadas actividades. Todas las cuestiones antes mencionadas están claramente relacionadas con las T.I.C. y el denominado **internet de las cosas**, por tanto, llevan intrínseco el concepto *Smart*. Para la Comisión Europea, uno de los seis principios anteriormente mencionados para la ciudad del futuro es la movilidad, según la misma, la *Smart Mobility*, o Movilidad Inteligente, se define como: “el conjunto de sistemas de transporte y logística integrados y apoyados en el uso de las TICS” (Comisión Europea, 2015).

Para entender los retos a los que se enfrentan las ciudades en cuestiones de movilidad y saber en qué forma las técnicas *Smart* pueden ayudar a superarlos primero es necesario conocer el punto de partida. La movilidad de una ciudad depende de muchos factores: geografía, clima, actividad económica predominante, factores socioculturales... y se podría afirmar, que, prácticamente cada ciudad se rige por una serie de patrones de movilidad únicos. Por ello, y con la finalidad de ofrecer un punto de vista que nos permita entender mejor los patrones más generales actuales de movilidad (al menos en el ámbito europeo), los retos en cuestiones de movilidad a los que las ciudades de nuestro continente se enfrentan y como los elementos de *Smart Mobility* aparecen como forma de superar estos retos, llevaré a cabo un análisis de las pautas de movilidad en las ciudades de Berlín en Alemania, y de Barcelona, ya dentro del ámbito español.

2.3. ¿Por qué Berlín y Barcelona?

En primer lugar, quiero señalar que el análisis de la movilidad no se reducirá únicamente a los núcleos urbanos de Barcelona y Berlín, si no, que además de las dinámicas internas de cada una de las ciudades (movimientos intraurbanos), se estudiarán las interacciones que estas mantiene con el resto de su área metropolitana (movimientos interurbanos).

Consideramos área metropolitana como: “una unidad que consta de un núcleo central con un elevado volumen de población a la que se vinculan otras poblaciones adyacentes de menor entidad que tienen un elevado grado de integración social y económica con el núcleo” (Boix, 2006). Barcelona y Berlín poseen áreas metropolitanas con una población muy similar, el área de **Berlín** contaba en 2012 con una población de **3.375.222** habitantes según Berlín STAD; por su parte, **Barcelona** y su área, incluyendo municipios como Badalona, L’Hospitalet, o Sabadell, poseía en 2017 una población de **3.226.600** habitantes, (Idescat, junio 2018).

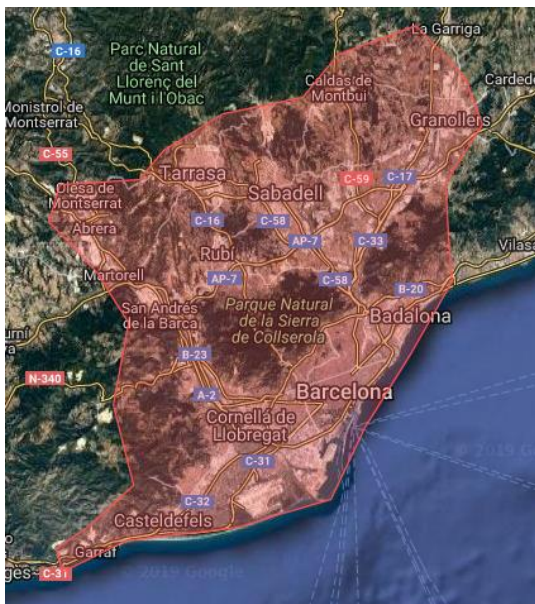
Si la población de ambas áreas es muy similar, la densidad de población es realmente diferente: el área metropolitana de Berlín posee una densidad media de población de **1782 habitantes/ km²** y una superficie de **4284 km²** en su área metropolitana (Statiches Landesamt Berlín, 2016); por su parte, Barcelona posee una densidad media de población de hasta **5078 habitantes/ km²**, y una superficie de **1117 km²** de área metropolitana (Idescat, junio 2018). Estas diferencias en densidad de población en ambas áreas urbanas son muy reveladoras, ya que nos están hablando de dos tipos de ciudad muy concretos; por un lado, Barcelona es una ciudad muy compacta, con elevada densidad de población y crecimiento vertical, mientras que por otra parte, la capital alemana es una ciudad difusa con crecimiento horizontal.

Esta diferencia, nos permitirá analizar y comparar las cuestiones de movilidad en dos ciudades de similar población pero de estructura totalmente opuesta, y por tanto, con necesidades de transporte muy distintas. De esta manera, podremos extraer una serie de elementos comunes que serían extensibles a un gran número de ciudades europeas, permitiéndonos así generar un patrón de movilidad urbana general.

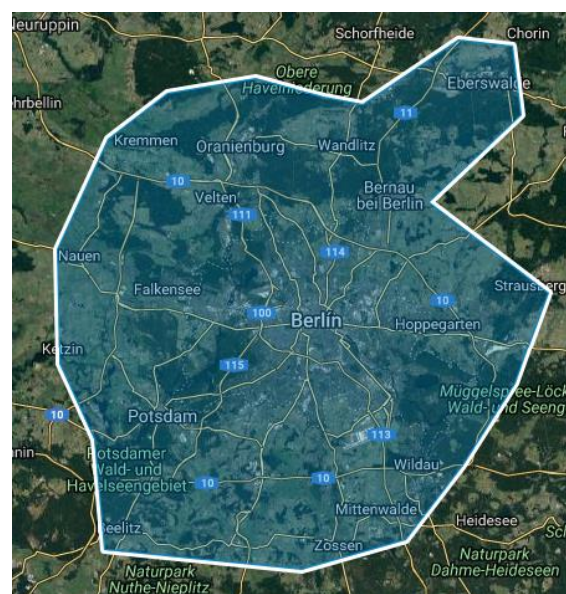
Por señalar algunas otras características que pueden ser determinantes en las diferencias de movilidad en ambas áreas metropolitanas, hay que destacar, que el área de Barcelona cuenta con varios kilómetros de costa tanto en la propia ciudad como en varios de los municipios de su área metropolitana, así como con varias cadenas montañosas atravesando la misma. Por otra parte, Berlín es una ciudad interior sin barreras geográficas; además, la capital alemana posee una

temperatura media de 9,6 °C e inviernos muy rigurosos, mientras la ciudad de Barcelona posee un clima mediterráneo con inviernos muy suaves y una media anual de 15,5 °C (AccuWeather.com). Estas **condiciones climáticas y geográficas** son también muy determinantes tanto a la hora de entender los patrones de movilidad actual en ambas ciudades como a la hora de planificar soluciones *Smart* en términos de movilidad.

Por tanto, la elección de Barcelona y Berlín no es casual, ya que a través del análisis conjunto de sus patrones de desplazamientos encontraremos características, retos, y posibles fallos de mercado comunes en términos de movilidad que pueden hacerse extensibles a un grandísimo número de ciudades europeas dada a la gran cantidad de diversas condiciones que engloban; además, ambas áreas poseen una gran cantidad de información de tipo empírico en cuestiones de movilidad que permiten la realización del siguiente análisis.



Área metropolitana de **Barcelona**.
Superficie: 1117 km²
Densidad: 5078 habitantes/ km²
CIUDAD COMPACTA.



Área metropolitana de **Berlín**.
Superficie: 4284 km²
Densidad: 1782 habitantes/ km²
CIUDAD DIFUSA.

Imagen 2: Comparativa de las áreas metropolitanas de Berlín y Barcelona. Fuente: elaboración propia.

3. LA MOVILIDAD ACTUAL: BERLÍN Y BARCELONA.

Antes de buscar y aplicar soluciones *Smart* en el ámbito de la movilidad, es importante saber tanto cuál es el modelo actual, como que fallos de mercado genera (prestando en este caso especial atención a las externalidades negativas).

A continuación, se muestra un breve análisis de las pautas de movilidad actuales en las ciudades de Berlín y Barcelona. Los datos aportados provienen de las encuestas de movilidad que periódicamente realizan los ayuntamientos de ambas ciudades; por un lado, la realizada por el Ayuntamiento de Barcelona en colaboración con la autoridad del transporte metropolitano (*Enquesta de mobilitat en día feiner*, 2017), y por otro, la realizada por el ayuntamiento de Berlín y *Berlinbaut*, la agencia municipal de movilidad (*Mobility in the city, Berlin in traffic figures*, 2013).

A continuación, se muestra un análisis de datos diferenciado entre Berlín y Barcelona, donde se analizan para cada una de ellas las pautas de movilidad en tres dimensiones en concreto; en primer lugar, la de los desplazamientos intraurbanos; dentro del núcleo urbano principal, en segundo lugar, los desplazamientos interurbanos; entre el núcleo principal y los núcleos periféricos, y finalmente, en términos del total del área metropolitana.

3.3. Berlín.





	% USUARIOS DE CADA MEDIO DE TRANSPORTE			
ÁMBITO:				
Desplazamientos dentro de Berlín.	30%	13%	26%	31%
Desplazamientos entre Berlín y el resto de su área metropolitana.	2%	2%	34%	62%
Total del área metropolitana.	29%	13%	26%	32%

Tabla 1: % Desplazamientos según medio de transporte, ámbito Berlín. Fuente: elaboración propia.

Al hilo de los datos de *Berlinbaut* en el total de los desplazamientos **intraurbanos** de la **ciudad de Berlín**, el 31% se realizaron en vehículos motorizados privados, el 30% de los desplazamientos diarios se realizaron a pie, el 26%, en transporte público, y por último el 13% en bicicleta.

Si nos fijamos en los datos de desplazamientos **interurbanos**; entre Berlín y el resto de su área metropolitana, veremos claramente como el patrón cambia; en este caso, los desplazamientos a pie caen a prácticamente al 2%, dato similar a los desplazamientos en bicicleta (2%), el transporte público aumenta hasta el 34%, y el vehículo privado motorizado por su parte repunta hasta el 62% de los trayectos.

Finalmente, si atendemos al total del **área metropolitana de Berlín**, con una superficie de 4284 km cuadrados, 12 municipios, y una densidad de 1782 habitantes/ km²; observaremos algo curioso, los patrones de movilidad son muy similares a los de la ciudad de Berlín, con un 29% de desplazamientos a pie, un 13% en bicicleta, un 26% en transporte público y un 32% en transporte motorizado. Este fenómeno se debe principalmente a dos causas: en primer lugar, que estos últimos datos tienen en cuenta los movimientos que los ciudadanos realizan dentro de sus propios municipios de residencia, los cuales son los mayoritarios, y que siguen un patrón muy similar al de la ciudad de Berlín; y, en segundo lugar, a que obviamente la mayor parte de los desplazamientos del área metropolitana se desarrollan dentro de la capital.

3.4. Barcelona.





	% USUARIOS DE CADA MEDIO DE TRANSPORTE			
ÁMBITO:				
Desplazamientos dentro de Barcelona	41,6%	3,5%	34,5%	20,4%
Desplazamientos entre Barcelona y el resto de su área metropolitana.	1,5%	2,0%	36,4%	60,1%
Total del área metropolitana.	39,8%	2,5%	29,2%	28,5%

Tabla 2: % Desplazamientos según medio de transporte, ámbito Barcelona. Fuente: elaboración propia.

Como observamos en la Tabla 2, los desplazamientos **intraurbanos** de Barcelona se realizaron mayoritariamente a pie (casi un 42% del total), seguidos del transporte público, con un 34,5%, del vehículo privado, con un 20,4% (en el caso de Barcelona ciudad el 60% de los vehículos privados son motocicletas), y finalmente la bicicleta con un escaso 3,5% de los desplazamientos.

Por su parte los desplazamientos **interurbanos**; entre Barcelona y el resto de su área metropolitana, se realizaron predominantemente en vehículo privado, un 60,1%; además en el caso de Barcelona, destacaremos el importante peso de los ciclomotores en el ámbito del transporte privado. Prácticamente el total del

resto de desplazamientos se realizan en transporte público, con una insignificante presencia de trayectos a pie o en bicicleta.

Con respecto al **total del área metropolitana**, destacamos que al igual que en Berlín, se produce un importante grado de coincidencia con el patrón de movilidad del núcleo urbano central, aunque en este caso, los desplazamientos en vehículo privado aumentan moderadamente con respecto a Barcelona ciudad.

Finalmente, en la *Tabla 3*, se muestra una comparativa entre ambas ciudades, en la que se puede observar cual es de media la duración en minutos de un trayecto y cuanta es la distancia recorrida dependiendo del medio de transporte.

Analizando los resultados, podemos observar cómo hay bastante similitud entre ambas áreas metropolitanas; aunque Barcelona parece mostrar un mayor grado de desplazamientos en vehículo privado, y una mayor predisposición de sus habitantes por los desplazamientos a pie, como por otra parte ya señalaban los resultados de la *Tabla 2*.





	Medio de transporte			
BERLÍN / BARCELONA				
Duración media del desplazamiento en minutos.	14' 17'	18' 19,2'	40' 35'	22' 24'
Distancia media del recorrido en kilómetros.	1,5 Km 1,8Km	3,6 Km 3,8 Km	12,6 Km N/D	9,5 Km 8,6km

Tabla 3: Duración en minutos y distancia media en los diferentes medios de transporte en las ciudades de Berlín y Barcelona. Fuente: elaboración propia.

Nota: la media de pasajeros por vehículo privado en el área metropolitana de Barcelona es de 1,6 pasajeros frente a los 1,1 pasajeros de Berlín.

3.5. Conclusiones en el patrón de movilidad.

De la observación de los resultados anteriores podemos obtener multitud de conclusiones. Tanto Berlín como Barcelona se rigen aunque con tímidas diferencias, por un patrón muy similar; por lo que dadas las notorias diferencias estructurales entre ambas ciudades, estas coincidencias nos indican que estamos ante un patrón de movilidad que fácilmente se podría extrapolar a la mayoría de las ciudades europeas.

El patrón se regirá por los siguientes aspectos: en primer lugar, **los desplazamientos intraurbanos, dentro de los núcleos urbanos centrales** se realizan principalmente a pie, siendo la forma más habitual de desplazarse. Estos trayectos suelen tener una duración media cercana a los quince minutos y en ellos se recorrería una distancia de entre 1,5 y 2 kilómetros, si a estos les sumamos los desplazamientos en bicicleta (cuyo uso dependerá en buena medida de la infraestructura ciclista existente así como de lo accidentado de la geografía urbana, lo que explica en parte que en Barcelona su uso sea menor) obtenemos que; aproximadamente un **45% de los desplazamientos dentro del núcleo principal se desarrollan a pie o en bicicleta**. El 55 por ciento restante se desarrollará en transporte público o en vehículo privado, el tiempo medio de los desplazamientos en este tipo de medios de transporte oscila entre los 25 y 40 minutos, y suelen utilizarse para recorrer distancias más largas. La elección entre el transporte público o el vehículo privado a la hora de recorrer mayores distancias está condicionado a aspectos más singulares a cada ciudad como la disponibilidad de zonas de estacionamiento para vehículo privado (más escasas en ciudades de crecimiento vertical), la disponibilidad de una red de transporte público eficiente, el nivel de renta de los habitantes de la ciudad, las normativas de restricción de vehículos contaminantes... por lo que es más difícil establecer un patrón en este sentido, aunque, como ejemplifica Barcelona, parece más sencillo conseguir una red de transporte público eficiente y atractiva para el ciudadano en una ciudad de tipo compacto.

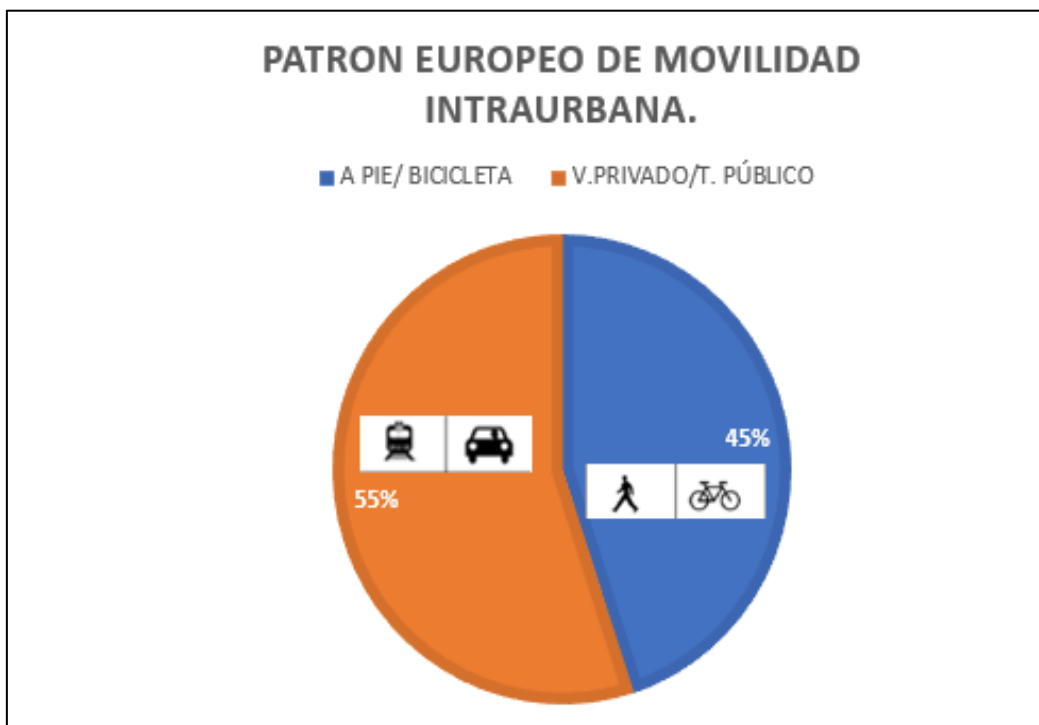


Figura 1: distribución en % de los desplazamientos de tipo intraurbano. Fuente: elaboración propia

Con respecto a los **desplazamientos interurbanos; entre la periferia y la ciudad principal**, los resultados obtenidos en ambas áreas metropolitanas son

claros: el medio de transporte predominante y que supone alrededor del 60% de este tipo de movimientos es el vehículo privado, normalmente ocupado por uno o como mucho dos pasajeros. Cabe destacar que aunque el porcentaje de vehículo privado es casi el mismo, su composición varía; por ejemplo, en Barcelona el porcentaje de motoristas es muy elevado, aunque estas diferencias se deberán evidentemente a características asociadas a la propia ciudad. Tras el vehículo privado, destaca el uso del transporte público (prácticamente el porcentaje restante), con respecto a los desplazamientos en bicicleta o a pie son prácticamente insignificantes y se reducen a las localidades más próximas al núcleo principal.

Para finalizar este apartado, es imprescindible introducir el concepto de la **intermodalidad**, que supone el uso de dos o más medios de transporte a la hora de realizar un desplazamiento, pese a que no existen datos en este sentido para la ciudad de Berlín, la ciudad de Barcelona apunta lo siguiente:

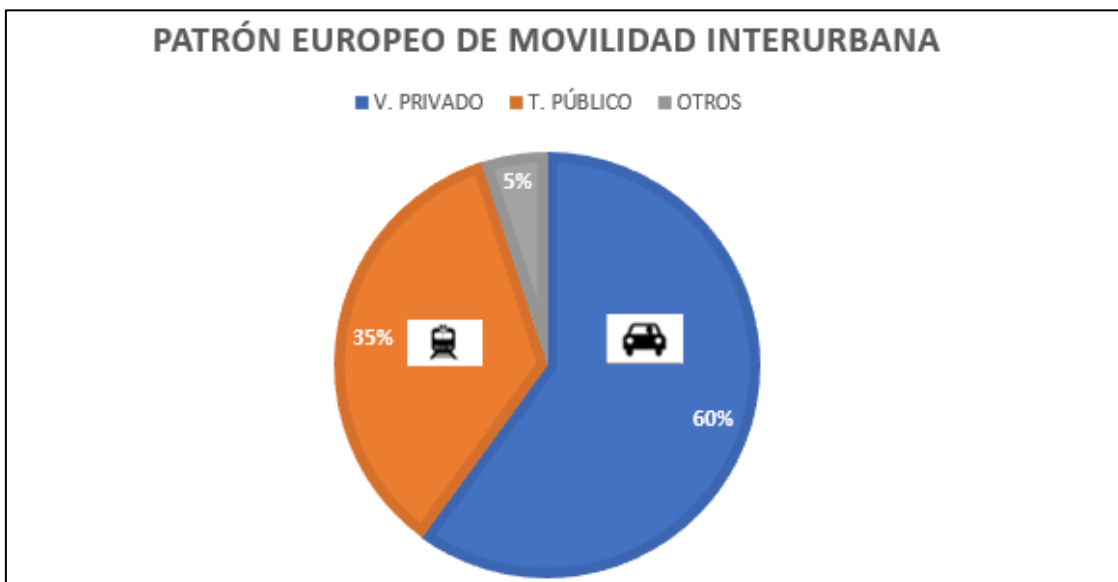


Figura 2: distribución en % de los desplazamientos de tipo interurbano. Fuente: elaboración propia.

aproximadamente el 11% de sus desplazamientos son intermodales, siendo la combinación transporte público + desplazamientos a pie la más común, lo que de nuevo muestra como en una ciudad compacta es más sencillo realizar desplazamientos en transporte público ya que estos pueden ser combinados con pequeños trayectos a pie. Como veremos más adelante, este último concepto de la intermodalidad es uno de los elementos clave en materia de movilidad propuestos por los proyectos *Smart City* en términos de eficiencia.

4. ¿QUÉ IMPLICACIONES TIENE NUESTRO MODELO ACTUAL DE MOVILIDAD?

A continuación, y a partir de los datos obtenidos en el apartado anterior se analizarán los fallos de mercado que provoca nuestro actual patrón de movilidad, con especial atención a los efectos externos negativos, y se plantearán algunas actuaciones que permitan solucionarlos mediante el uso de las herramientas *Smart*.

4.3. Movilidad y espacio urbano: ¿un bien público?

En primer lugar, y antes de proceder al análisis de los efectos externos, debemos tener en cuenta: ¿Qué estamos analizando exactamente?, ¿Debemos considerar la movilidad como un bien?, y si ese fuera el caso, ¿será público o privado?, ¿qué ámbitos concierne la movilidad urbana?, o, ¿hasta qué punto se puede interceder en los hábitos de movilidad de la población?

Tal y como se definía en el primer epígrafe de este trabajo, la movilidad urbana es la capacidad de los habitantes de desplazarse dentro de una ciudad. No es difícil de imaginar por tanto, que la movilidad depende un gran número de **dimensiones** que van desde las administraciones públicas (que provisionarán las infraestructuras) hasta las decisiones individuales; en algunas ocasiones dependerá incluso de factores ajenos a la voluntad humana, como el clima o las características geográficas.

Sin embargo, y con la finalidad de realizar posteriormente un análisis de los efectos externos negativos de nuestros patrones actuales de movilidad, deberemos saber cuál es el carácter (público o privado) de las principales dimensiones que la afectan, con el fin de obtener una imagen de conjunto de la movilidad urbana. En primer lugar, trataremos el espacio urbano, que en este trabajo definiremos como el espacio que comparten los habitantes de la ciudad, en el que interactúan y sobre el cual se desplazan. Este espacio, compuesto por las calles, avenidas o parques de cualquiera de nuestras ciudades: ¿es un bien público?

Entendemos a los **bienes públicos** como aquellos cuyo acceso es de carácter universal. Mas concretamente, y según la definición económica generalmente aceptada de Buchanan (1948), un bien público puro queda definido porque su consumo no presenta problemas de **rivalidad**; es decir, el coste adicional de recursos que supone que cada vez más individuos hagan uso del bien es igual a cero, y, además, un bien público puro deberá cumplir la característica de no

exclusión, según la cual, evitar que haya individuos que consuman ese bien es imposible o muy complejo. Antes de continuar, considero importante aclarar una idea errónea muy extendida: la provisión pública de un bien no implica necesariamente que este bien sea público.

Centrémonos ahora en el espacio urbano y veamos si cumple estos requisitos. Si nos fijamos en la no exclusión, en general podríamos afirmar que el espacio urbano de la gran mayoría de las ciudades de nuestro entorno cumple sin duda esta característica, ya que no hay forma de evitar que ciertas personas circulen por una calle u otra; y si la hubiera, como por ejemplo en forma de peajes o algún tipo de barreras, serían muy difíciles de gestionar y de poner en marcha, además de que son medidas excepcionales en la realidad.

Por su parte, si imaginamos las principales avenidas de una ciudad a hora punta veríamos como se sobrepasa un umbral de uso; a partir del cual, la situación deja de ser óptima y se produce un problema de congestión. Estamos, por tanto, ante un bien que respeta una de las características de los bienes públicos pero que incumple la otra, por lo que podríamos considerar al **espacio urbano como un bien público impuro o congestionable**, ya que, de una forma u otra, es posible la existencia rivalidad en forma de congestión.

Finalmente, y atendiendo a la definición de **fallos de mercado** como “aquellas situaciones en las que un determinado mercado no organiza eficientemente la producción o la asignación de los recursos que se transaccionan”, (Buján 2018). El propio espacio urbano supondría un fallo de mercado, pues los bienes necesarios para que el uso de este sea **eficiente** han de ser suministrados por entidades públicas ya que su provisión privada no sería rentable en la mayoría de los casos. De aquí la importancia del sector público a la hora de gestionar las cuestiones de movilidad.

Una vez acotado el espacio urbano analizaremos el resto de los actores de nuestro estudio. En primer lugar, miraremos hacia los vehículos motorizados privados y la bicicleta: bienes que, evidentemente cumplen las características de rivalidad y exclusión, y que, por tanto, no dan lugar a dudas en su clasificación como bienes privados. Pero ¿qué ocurre con el transporte público?

Aunque su nombre puede inducir a pensar lo contrario, el transporte público es privado: primero vía exclusión, ya que en la gran mayoría de los casos hay que pagar un determinado precio a cambio de su uso; y además, éste suele estar sujeto a una serie de horarios y recorridos concretos. Pero este tipo de transporte es también un bien congestionable, ya que su uso es óptimo hasta un determinado nivel de usuarios, a partir de este nivel supondrá costes adicionales. Por ejemplo, el incremento en el número de pasajeros de una línea de autobús urbano implicará la necesidad de adquirir nuevos vehículos.

En definitiva, el transporte público es un bien privado, aunque en este caso el medio de transporte en vez de individual (como la bicicleta o el ciclomotor, o para muy pocos individuos como el coche) es un medio de **transporte colectivo**, proporcionado o subvencionado por entidades públicas; por lo que, a la hora de analizar los efectos externos relacionados con este medio, habrá que tener en cuenta esta peculiaridad.

Como conclusión de este epígrafe y antes de analizar los efectos externos del actual patrón de movilidad lo que obtenemos es: que los individuos hacen uso de una serie de **bienes de carácter privado**, que pueden ser propiedad de los propios individuos o bien propiedad de terceros (transporte colectivo); y que utilizan el **espacio urbano** al que consideraremos como un **bien público** impuro o congestionable (fallo de mercado que requerirá de la intervención pública para garantizar la eficiencia en su funcionamiento) para realizar sus desplazamientos dentro de la ciudad.

5. EXTERNALIDADES.

Una vez acotadas las principales dimensiones de la movilidad urbana, estamos en disposición de extraer los principales **efectos externos negativos** que genera el modelo actual, pero antes considero imprescindible introducir este concepto. Según la teoría microeconómica, los fallos de mercado pueden tener múltiples formas: el abuso de poder de mercado, la incertidumbre, la existencia de bienes públicos (como el espacio urbano) o las externalidades, que en este caso será el concepto principal a tratar en el epígrafe.

Se dice que “existe una externalidad si una actividad de una parte (individuo, empresa...) afecta a las posibilidades de utilidad o de producción de otra parte sin que se le fije un precio es decir sin que estos efectos sean reconocidos por los elementos de mercado”, Buchanan y Stubblebine (1962).

Dentro de las externalidades, podremos distinguir entre aquellas que se producen entre productores, entre productor y consumidor, y entre consumidores, como veremos más adelante; estas últimas serán las más frecuentes en nuestro estudio, y aunque las externalidades pueden ser tanto negativas como positivas, el siguiente epígrafe estará centrado en aquellas de carácter **negativo**, es decir, aquellas acciones que con cada incremento de la actividad productiva generan un determinado daño marginal a la sociedad, con la finalidad de plantear posteriormente las posibles soluciones que las técnicas *Smart City* pueden aportar para resolverlas.

Tal y como apuntaba Coase (1960), la causa general de la existencia de externalidades es una **falta** de aplicación de los **derechos de apropiación o de uso**; esto puede ocurrir porque la exclusión no es posible, o porque no se han atribuido los derechos de uso, o no pueden atribuirse sin gran dificultad. Antes de analizar las externalidades de forma concreta, parece evidente que en la línea de las palabras de Coase, la mayor parte de las externalidades de la movilidad urbana estará precisamente generadas por la dificultad de exclusión y por la falta de derechos de la propiedad como ocurrirá por ejemplo en el caso del aire que respiramos en nuestras ciudades.

A continuación, se presentan, las que a mi juicio son las dos principales externalidades negativas de nuestro actual modelo de movilidad urbana. Por un lado, la contaminación atmosférica y acústica, y por otro, la congestión y siniestralidad. He decidido centrarme en estas dos cuestiones debido a su relevancia en nuestro día a día, así como por su interés mediático, político y social en la actualidad.

5.1. La contaminación atmosférica y acústica.

Tal y como se planteó en el epígrafe 3 de este trabajo, prácticamente el **60% de los desplazamientos interurbanos en la ciudad europea media se realiza en vehículo privado**, (coche, ciclomotor...), igualmente, en torno al **20% de los desplazamientos intraurbanos se realizaba también en este tipo de vehículos privados**. Hoy por hoy, según remarca Juan Antonio Sánchez, presidente de la Asociación Nacional de Vendedores de Vehículos a Motor (Ganvam), tan solo el 0,08% de los vehículos que se venden en España son eléctricos; esto implica que más del 99% de nuestro parque automovilístico está compuesto por vehículos a motor propulsados por combustibles fósiles.

De acuerdo con la Unión Europea, los vehículos motorizados propulsados por combustibles fósiles son responsables de aproximadamente el 5% de las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), del 25% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), del 87% de las de monóxido de carbono (CO) y del 66% de las de dióxido de nitrógeno (NO_x). Todos ellos, gases contaminantes que pasan de forma directa a la atmósfera. Estos datos, se refieren únicamente a los vehículos privados, sin embargo, la polución del aire no procede únicamente de estos: el transporte público, (trenes, buses...), en muchas ocasiones está también propulsado por este tipo de combustibles, si bien es cierto que al tratarse de medios de transporte de carácter colectivo, sus emisiones per cápita son mucho más reducidas que las del transporte privado.

Con respecto al transporte público y privado eléctrico, que en los últimos años está siendo potenciados por parte de las administraciones públicas, podríamos observar que un gran porcentaje de la electricidad que utilizan sigue estando producida por la quema de combustibles fósiles, aunque no entraremos en detalles en este tema, pues esta cuestión es demasiado extensa y excede el interés de este trabajo.

Llegados a este punto, podríamos concluir que un elevado porcentaje del total de los desplazamientos en el ámbito urbano se produce a través de medios de transporte que en mayor o menor medida contaminan el aire que respiramos, y evidentemente esta cuestión tiene consecuencias directas tanto sobre el medio ambiente en general como en la salud humana.

La O.M.S. (Organización Mundial de la Salud), en su nota de prensa del 25/04/2014 relaciona directamente la contaminación del aire producida por los medios de transporte con el crecimiento de las enfermedades cardiovasculares, los accidentes cerebrovasculares, o el cáncer, asimismo la OMS, apunta también que el crecimiento de estas patologías se produce especialmente en zonas urbanas donde los niveles de partículas contaminantes en el aire son mayores. Estudios muy recientes como el presentado en marzo de 2019 por la *European*

Society of Cardiology (ESC), apuntan directamente a la contaminación del aire como el **mayor riesgo para salud** en el continente y su estrechísimo vínculo con las muertes causadas por enfermedades cardiovasculares.

Actualmente, las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en la mayor parte de los países de la Unión Europea, entre un 40% y un 80% del total dependiendo del país, seguidas de las enfermedades respiratorias y el cáncer, especialmente el de pulmón. Es por tanto evidente que la contaminación ambiental está detrás de un elevado número de muertes en nuestro continente (más concretamente y según este mismo estudio realizado en colaboración con instituciones europeas, con un intervalo de confianza del 95%, en Europa se producen anualmente 790.000 muertes que guardan relación directa con la contaminación del aire), así mismo, el estudio estima que la contaminación del aire **reduce la esperanza de vida** media de la Unión Europea hasta en dos años por persona y el ratio de muertes relacionadas con la contaminación alcanza las 133/100.000 habitantes del total.

Además de las consecuencias directas sobre el ser humano, la contaminación del aire es la principal causa del calentamiento climático que afecta a toda la biodiversidad mundial; si bien parece que los gases emitidos por la industria tendrían mayor peso en esta cuestión que los emitidos por la movilidad humana.



Imagen 3: principales causas de muerte en los distintos países europeos. Fuente: Global Post.

En definitiva, nos encontramos ante la que es quizás la más evidente, pero también la de más grave afección de las externalidades generadas por nuestro patrón de movilidad actual. Esta externalidad presenta la peculiaridad de ser **recíproca**, ya que es generada tanto por los productores de vehículos de motor en sus procesos de fabricación como por los comercializadores de servicios de

transporte colectivo y por los propios consumidores al hacer uso de ambos, afectando de esta manera a toda la población.

Sin eludir la segunda parte del epígrafe, abordamos el tema de la contaminación acústica. “Se entiende por contaminación acústica la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas”, (Ministerio para la transición ecológica, Mayo de 2019). El actual modelo con su masiva presencia de vehículos motorizados contribuye a que según datos oficiales del propio ministerio, en España haya casi 9 millones de personas que soportan niveles de ruido superiores a los 65 decibelios. Pese a que esta cuestión es compleja pues los detonantes del ruido pueden ser múltiples, una de las causas más señaladas es el tráfico vial, por lo que sin duda podemos incluir la contaminación acústica entre las externalidades de nuestro patrón actual de movilidad.

Pese a que el objetivo principal de este epígrafe es el análisis de los efectos externos, no podemos dejar de preguntarnos: ¿Por qué si nuestro modelo actual de movilidad es tan dañino con el medio y con nuestra propia salud hemos seguido fomentándolo? La respuesta esta probablemente en otro fallo de mercado como es el de la **incertidumbre y la falta de información**, pues pese a que ha habido posturas **críticas** a lo largo de las últimas décadas respecto al sistema actual de movilidad, su dependencia de los combustibles fósiles y los efectos nocivos que estos provocan, la falta de certidumbre a cerca de la veracidad de estas afirmaciones ha hecho que no se escucharan con la consideración suficiente. Como veremos más adelante, las técnicas *Smart* van a jugar un papel fundamental en este sentido.

5.2. Congestión y siniestralidad.

Una segunda externalidad negativa relacionada con el patrón actual de movilidad es la que tiene que ver con la congestión y la siniestralidad.

Tal y como se apuntaba en el *epígrafe 4.1* de este trabajo, al realizar el análisis del espacio urbano desde el punto de vista de la teoría de los bienes públicos, concluíamos que el espacio urbano era un bien público congestionable. Es evidente que nuestro espacio urbano, en determinados momentos, cuando el nivel de desplazamientos es muy elevado, puede llegar a congestionarse ralentizando así la movilidad de los individuos.

Si volvemos a echar un vistazo a los patrones de movilidad del *epígrafe 3* veíamos como un 60% de la movilidad interurbana se producía en vehículo motorizado privado; sin embargo, el problema de la congestión tal y como apunta

Ellen Mc Arthur Foundation (2012), no es únicamente el hecho de que haya una gran cantidad de vehículos motorizados privados desplazándose por un espacio urbano limitado, si no que está mas bien relacionado con la eficiencia de estos. Según esta misma fundación, el vehículo privado en la ciudad europea media estaría aproximadamente el **92% del tiempo estacionado**, un 5% del tiempo en circulación, un 1,6% del tiempo en circulación, pero únicamente en la búsqueda de un estacionamiento, y aproximadamente un 1% del tiempo parado en alguna congestión del tráfico urbano.

Estos datos ponen de manifiesto que el modelo actual, en el que un gran número de vehículos privados, mayoritariamente automóviles (como señalaban los datos de Berlín y Barcelona), que se desplazan desde las ciudades secundarias del área metropolitana hasta la ciudad principal (a los que habrá que sumarles los desplazamientos intraurbanos), congestionan el espacio urbano.

Esta congestión se produce: en primer lugar, por la gran cantidad de espacio que deberá ser destinado para posibilitar el estacionamiento de los vehículos en los puntos de destino y origen; y en segundo lugar, porque al haber esta escasez de estacionamiento los individuos a menudo se ven obligados a desviarse de sus itinerarios en busca de lugares en los que estacionar, circulando en ocasiones por vías fuera de su ruta objetivo y contribuyendo a incrementar más aún la congestión que el tráfico está provocando; además, la congestión del espacio urbano terminará afectando no solo a los usuarios del vehículo privado, si no que aquellos usuarios del transporte público (como por ejemplo puede ser el autobús), se verán igualmente afectados por el colapso del espacio urbano, ralentizándose así sus desplazamientos.

Las soluciones tradicionalmente adoptadas para resolver los problemas de congestión del espacio urbano han pasado por ir progresivamente ampliando el tamaño de las infraestructuras destinadas a los vehículos privados a motor; incrementando el tamaño de carreteras, aparcamientos, etc...

Según el mismo estudio esto ha derivado en que actualmente en Europa un 50% del espacio urbano está dedicado a infraestructuras destinadas exclusivamente a medios de transporte motorizados individuales; además, se concluye que en media, las carreteras están ocupadas por vehículos en circulación tan solo un 10% del tiempo y únicamente un 5% del mismo alcanzan su pico de uso, ocasiones, en las que llegan a congestionarse por lo que presentan un **escaso nivel de eficiencia**.

Por lo tanto, nos encontramos ante un modelo de transporte interurbano, en el que hay un gran número de desplazamientos en vehículos privados, cuya necesidad de espacio para la circulación y el estacionamiento esta sobredimensionado (de media en Europa un automóvil desplaza a **1,5 pasajeros**

por trayecto), y que ha provocado que durante décadas se haya necesitado de continuas ampliaciones del espacio urbano y de continuos incrementos en la cantidad de recursos destinado a estos medios de transporte.

Por último, y estrechamente relacionado con esta cuestión está la **siniestralidad**. Tal y como apuntaba la D.G.T. (Dirección General de Tráfico), en octubre del año 2015 en España se producen al año alrededor de 11000 atropellos, de los cuales prácticamente 10000, tiene lugar en el espacio urbano; alcanzándose en 2015 los 224 fallecidos por esta causa en las ciudades españolas. Así mismo, en Europa se producen casi 30.000 muertes al año relacionadas con accidentes de tráfico, de los cuales se calcula que el 95% se deben a fallos humanos.

Pese a todo, la gran cuestión es que **no existen alternativas** reales que permitan llevar a cabo desplazamientos de media distancia de forma rápida y con total autonomía, tanto en recorridos como en horario, algo que sí que permite el vehículo particular. Por lo que, pese a sus inconvenientes sigue siendo en muchos casos la apuesta más común de muchos individuos e incluso de las instituciones. Como veremos en el siguiente apartado, las **tecnologías Smart, unidas a la planificación urbana**, podrían estar a las puertas de encontrar esas alternativas.

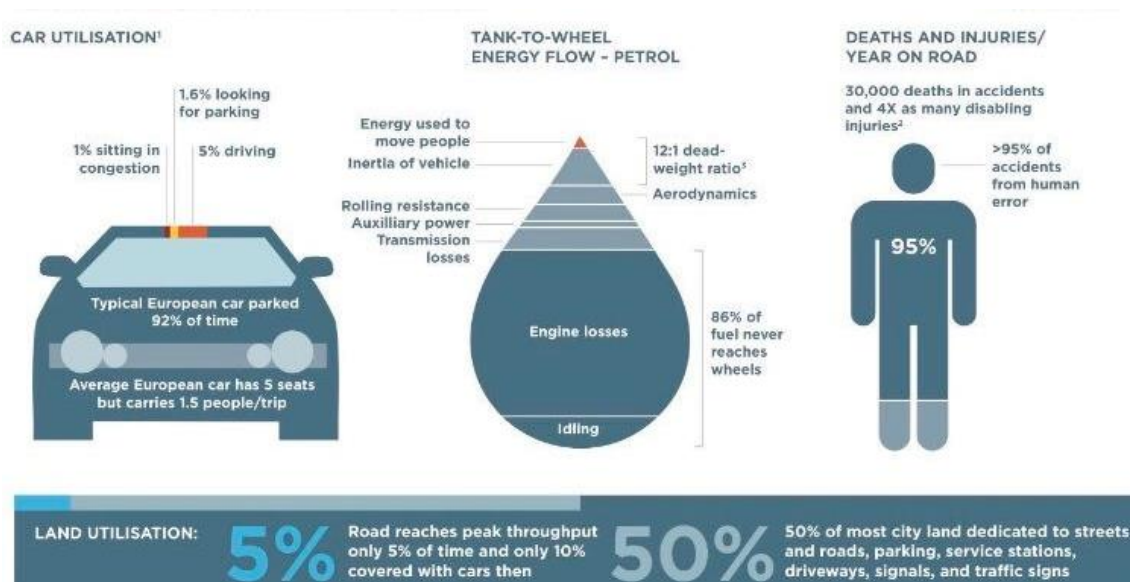


Imagen 4: Gráfico sobre las ineficiencias en el uso del automóvil. Fuente: Ellen Mc Arthur Foundation.

6. SOLUCIONES *SMART* A LAS EXTERNALIDADES.

Una externalidad negativa implica que a cada nivel de productividad aparece asociado un daño marginal que, en nuestro caso, repercutirá en la sociedad en su conjunto.

Aplicando un punto de vista microeconómico podemos suponer que: el creador de la externalidad estaría dispuesto a **no producir** una determinada cantidad de un bien si a cambio de ello recibe una cuantía superior al beneficio que obtendría por producirla, y el perjudicado **pagaría** para evitar dicho efecto si la cantidad a pagar fuera menor que el daño marginal que le ocasiona la externalidad.

Sin embargo el ámbito de la movilidad se desarrolla en el espacio urbano, al cual habíamos denominado en el *epígrafe 3* como un bien público congestionable que suponía en sí mismo un fallo de mercado, por lo que los derechos de la propiedad y los mecanismos de la competencia son difíciles de aplicar en orden de solucionar estos efectos negativos y se hará **imprescindible la intervención pública.**

En este sentido, los mecanismos de intervención pública planteados por la teoría económica para solucionar las externalidades podrían ser agrupados en tres: **las subvenciones**, que consistirán en compensar económicamente a aquel individuo o empresa que genera la externalidad a fin de que reduzca su producción o consumo; **la creación de un mercado**, que por ejemplo en el caso de la contaminación permita la compra de una serie de derechos que permitan contaminar, de tal forma que se establecen unos límites globales dentro de los cuales actuará el mercado; y finalmente **la regulación**, que meramente legislará estableciendo una serie de límites, por ejemplo en la cantidad de contaminación que un individuo o una empresa pueden producir y la posibilidad de sanciones en el caso de que estos límites se excedan.

Llegados a este punto, nos podemos preguntar: ¿Qué papel juegan las técnicas *Smart City* en estas soluciones?

A continuación, se analizarán algunas de las soluciones propuestas de forma concreta para cada una de las externalidades planteadas en el epígrafe anterior. En líneas generales, las **técnicas Smart** basadas en la innovación, el internet de las cosas y la conectividad, aparecerán bajo la forma de alguno de los tres tipos de intervenciones públicas explicadas anteriormente, aportando como novedad que **pueden servir como herramienta en la solución de fallos de mercado más allá de la intervención del sector público.**

con respecto a las **Subvenciones**; en contrapunto a la tendencia predominante de compensar económicamente al productor de la externalidad a cambio de que este reduzca su actividad; las técnicas *Smart* buscarán subvencionar a los productores de tal forma que sean capaces de desarrollar innovaciones, que una vez en funcionamiento, permitan que el beneficio marginal en proporción al daño marginal que producen a la sociedad aumente.

Además las técnicas *Smart*, mediante el uso de las tecnologías y el internet de las cosas permitirán medir de forma más precisa y en tiempo real factores como la contaminación; permitiendo así superar **fallos en la información** sobre efectos externos anteriormente muy difíciles de medir de forma fiable y facilitando que se puedan **crear mercados** en los que se pueda comprar el “derecho a contaminar” de una forma muchos más simple y eficiente de lo que hasta ahora se había podido hacer, con el fin de reducirla. Por ejemplo, cobrar el acceso a vehículos privados al centro de una ciudad a partir de un determinado número de partículas en el aire, o dar prioridad a residentes en determinadas zonas contaminantes mediante un sistema de lectura de matrículas si se exceden dichos límites.

Finalmente en el ámbito de la **regulación**, las técnicas *Smart* pueden facilitar que leyes a priori complejas de aplicar o de hacer cumplir sean mucho más sencillas de poner en práctica; esto ocurrirá fundamentalmente: gracias a la conectividad que facilitará que la información acerca de las diferentes normativas llegue a todos los ciudadanos en tiempo real; y en segundo lugar, gracias a una mejora sustancial de los sistemas de observación sobre el cumplimiento de ciertas regulaciones a través del uso de estas nuevas tecnologías implementadas a los sistemas de control.

A continuación, se muestran tanto propuestas como acciones ya llevadas a cabo mediante técnicas *Smart* para solucionar las externalidades del epígrafe anterior, la mayoría de ellas proceden de empresas punteras en el sector de la *Smart Mobility* o de ayuntamientos europeos; en ellas se puede apreciar cómo el uso de la tecnología permite, en primer lugar mejorar los sistemas de observación, control e información, ayudando así en un primer lugar a solucionar el fallo de mercado relacionado con la **incertidumbre o la falta de información**; y en fin último presentar innovaciones concretas que reducen el impacto de las externalidades negativas en colaboración o no con las instituciones públicas.

6.1. Soluciones Smart al problema de la contaminación atmosférica.

Una externalidad de la dimensión que tiene la contaminación atmosférica ha generado un número muy elevado de propuestas y de acciones por parte, tanto de empresas especializadas en soluciones tecnológicas *Smart*, como por parte de numerosas entidades públicas. A continuación, se muestran las que a mi criterio son extensibles a un mayor número de ciudades o poseen una mayor relevancia por su carácter innovador.

La empresa de soluciones *Smart Logic Ladder* por ejemplo, plantea la monitorización de la calidad del aire. Esta propuesta consiste en la instalación de una serie de medidores de partículas contaminantes, que aportarían información en tiempo real a las instituciones sobre la calidad del aire, y que serían accesibles a todos los ciudadanos mediante aplicaciones web, haciendo saltar alarmas cuando determinados niveles de contaminación sean superados.

Este tipo de monitorizaciones de la calidad son una herramienta muy útil para las administraciones que, a partir de estos datos obtienen información rigurosa, **superando así la incertidumbre** acerca de los niveles de contaminación ambiental y permitiéndoles aplicar medidas que van desde la creación de mercados de la contaminación, hasta medidas relacionadas con la **regulación**. Pese a que el uso de este tipo de sensores está ya muy extendido en numerosas ciudades, las medidas institucionales que permiten aprovechar esta información como forma de reducir la contaminación apenas están comenzando a implantarse.

No obstante, podemos encontrar algunos ejemplos: Londres ha impuesto una serie de peajes en la entrada a la zona más céntrica de la ciudad. La intención es crear un mercado en el que según el nivel de gases contaminantes, el precio que los vehículos deben pagar por acceder al centro de la ciudad variaría, permitiendo así la exclusión de determinados vehículos en caso de que fuese necesario. Además de la **creación de un mercado** y de generar la **capacidad de exclusión**, la medida también es regulatoria, pues en determinados picos de contaminación, ciertas zonas quedarían habilitadas exclusivamente para el acceso de residentes y vehículos autorizados. El sistema *Big data*, los procesos de monitorización de partículas contaminantes, y la conectividad de una red de cámaras, paneles informativos, y herramientas que permiten conocer a los ciudadanos qué situación hay en cada momento, sería imposible sin la existencia de la tecnología *Smart*.

Basadas en esta información en tiempo real sobre partículas contaminantes, ayuntamientos como el de Madrid o Barcelona, reducen la velocidad permitida en autovías de circunvalación como la M-30, o prohíben estacionar a los vehículos en la zona centro; evitando así la contaminación derivada de la

búsqueda de aparcamiento. En un futuro se prevé que los ciudadanos puedan llegar a conocer vía aplicaciones web del propio ayuntamiento los niveles de contaminación en tiempo real, las restricciones al tráfico que hay activadas en función de ellos, e incluso la previsión de cómo va a ir evolucionando la situación y por tanto los protocolos anticontaminación. Además, estos sensores permitirán realizar estudios sobre horas pico de contaminación y su relación con el tráfico, permitiendo reorganizar la distribución de este en el área metropolitana. Esta técnica sería por tanto extensible a cualquier tipo de ciudad, sin importar sus características geográficas o de densidad de población.

Otro importante ejemplo de cómo la tecnología *Smart* podría estar ayudando a reducir la contaminación lo encontramos en la capital española: Madrid ha impulsado desde noviembre de 2018 Madrid Central. Se trata de un área de 480 hectáreas que ocupa el centro de la ciudad en la que el tráfico está permitido únicamente a vecinos, carga y descarga, usuarios de aparcamientos públicos y un determinado número de invitados mensuales por parte de los vecinos de la zona; así mismo, permite el acceso libre a vehículos de cero emisiones, transporte público y taxis. El ayuntamiento prevé reducir hasta en un 40% las emisiones de NO₂ y la contaminación acústica, pero la regulación de Madrid central sería imposible sin las tecnologías *Smart*. Estas herramientas permiten de una forma muy sencilla, mediante una serie de lectores de matrículas y cámaras conectadas entre sí, saber qué vehículos acceden al perímetro, de qué características son, e incluso si van a un aparcamiento público. Permiten igualmente automatizar el proceso sancionador a aquellos que accedan de forma indebida, algo que de lo contrario supondría un enorme esfuerzo a la administración. Además, el ayuntamiento pretende poner una aplicación en funcionamiento en los próximos meses que permitirá conocer a los ciudadanos el nivel de ocupación de todos los parkings públicos, la disponibilidad de taxis, de vehículos de movilidad compartida, y de seguimiento del funcionamiento del transporte público en tiempo real en toda la zona. Otras ciudades españolas como Barcelona comienzan a plantear soluciones en la misma línea.

Algunas empresas, como la española *Spider Urban Management*, van más allá e investigan en la posibilidad de crear purificadores de aire que se puedan instalar en puntos clave para absorber la contaminación. Este tipo de medidas podrían estar subvencionadas por las administraciones de tal forma que el daño marginal que produce la contaminación se vería reducido.

Por el lado de las **subvenciones** podríamos hablar por ejemplo, de las ayudas que desde el año 2011 el gobierno de España presta a aquellos que desean adquirir un vehículo eléctrico, así como de las facilidades en circulación y tasas impositivas que algunos municipios dan a los mismos. No obstante, este tema aún es polémico, pues pese a que el vehículo in situ no contamina, las fuentes de energía en la mayoría de los casos siguen sin ser renovables.

Una visión más futurista es la que ofrece por ejemplo la empresa *Dynamic Train System* para la ciudad de Berlín, en este caso, relacionado con la intermodalidad del transporte. El proyecto pretende utilizar las infraestructuras ferroviarias existentes, gran parte del tiempo vacías, para crear una especie de super trenes de carga de alta velocidad que puedan transportar vehículos desde las localidades del área metropolitana hasta el casco urbano de la ciudad. De esta forma se evitarían hasta 100.000 vehículos privados circulando por hora en el área metropolitana, los trenes estarían impulsados por energías renovables, y su uso sería sencillo mediante aplicaciones móviles que informarían en todo momento del espacio disponible, horarios, y seguimientos en tiempo real de los recorridos. La infraestructura permitiría además reducir trayectos que actualmente son de más de una hora a menos de 30 minutos, mejorando notoriamente la eficiencia del sistema de transportes.

En una segunda fase, el proyecto Berlín 2030 plantea el uso de las actuales vías del tranvía como plataforma de circulación y recarga de vehículos autónomos compartidos eléctricos guiados por un sistema central de *Big Data*. Este sistema permitiría al ciudadano elegir su punto de destino, y el vehículo autónomo lo acercaría hasta el mismo sincronizándose con el resto de los automóviles en circulación; de tal forma que el tráfico se regularía por si mismo evitando las zonas más concurridas en cada momento y por tanto, acabando con la congestión. Aunque esta medida tiene que mejorar aún mucho los aspectos que tiene que ver con la seguridad del software, podría ser una visión no muy alejada del futuro ideal de la movilidad urbana. Todo ello estaría combinado con una potente red de transporte público abastecido con energía renovable, por lo que el proyecto es un excelente ejemplo de **colaboración** entre la innovación relacionada con las herramientas **Smart** e intervención de las **administraciones públicas**.

Este proyecto futurista podría incluirse igualmente en el posterior epígrafe ya que propone una enorme cantidad de medidas destinadas a la mejora de los problemas urbanos de congestión del tráfico. Sin embargo, debido a la importancia que sus autores dan a la cuestión medio ambiental y al proyecto como solución al problema de la contaminación, me ha parecido importante incluirlo en este apartado.

Medidas más comunes como el fomento del transporte público mediante inversiones en su expansión o eficiencia (vía subvención), la promoción del uso de la bicicleta o de los desplazamientos a pie, también pueden verse mejoradas mediante técnicas *Smart*. Algunos ejemplos de ello son las aplicaciones de bicicletas compartidas o la mejora en la información y sincronización del transporte público mediante sistemas de *Big Data* que permiten unificar y compartir la información entre los diferentes sistemas de transport (bus, tranvía...).

Por tanto, las técnicas Smart no solo ayudarán a solucionar el efecto externo negativo de la contaminación si no que al mejorar los sistemas de información y control resuelven otros fallos de mercado como la incertidumbre, permitiendo así justificar actuaciones por parte de la administración pública como las descritas en este epígrafe.

6.2. Soluciones *Smart* a los problemas de congestión del espacio urbano.

Tal y como analizábamos el *epígrafe 5.2.*, nuestro actual modelo de movilidad fundamentado en el vehículo privado originaba la externalidad de congestionar la movilidad urbana, y además, suponía un sobreesfuerzo de recursos y espacio urbano para su funcionamiento estando a su vez asociado a una elevada siniestralidad. No obstante, también concluíamos que pese a sus inconvenientes, el modelo del vehículo privado permitía total autonomía tanto en los recorridos como en los horarios; y por este motivo, sigue siendo el medio de transporte utilizado por un gran número de individuos.

Las soluciones *Smart City* enfocadas a resolver los problemas de congestión y falta de eficiencia del modelo actual, van encaminadas en dos sentidos:

Por un lado, una serie de medidas que tomando como base el modelo actual pretenden mejorar su funcionamiento y hacerlo **más eficiente**; y por otro lado, medidas más ambiciosas en la línea de la búsqueda de nuevos formatos de movilidad urbana que mejoren los resultados del actual.

En relación con la primera serie de medidas, encontramos por mencionar algunos ejemplos las ya puestas en marcha como la de las señales inteligentes. En el artículo de la revista Time "*How Smart Traffic Lights Could Transform your Commute*" (2015), se hace referencia a los semáforos inteligentes o señales de tráfico adaptativas que ya funcionan en algunas ciudades de los Estados Unidos como Los Ángeles. El sistema consiste en una serie de sensores incrustados en las calles de la ciudad que indican a los semáforos cuánto tráfico se mueve a través de las diferentes intersecciones, lo que permite alargar los periodos en verde de los semáforos ante altos niveles de congestión, y acortarlo cuando el tráfico es escaso. Además, permite la sincronización de la información de varias avenidas o manzanas, permitiendo así que los semáforos puedan adoptar una respuesta conjunta para regular el tráfico en grandes espacios urbanos. Sus creadores aseguran que la principal función de estos semáforos es acabar con la ineficiencia en la regulación del tráfico rodado. Esta solución *Smart*, está claramente relacionada con la vía de las **subvenciones** como forma de impulsar las innovaciones tecnológicas y mejorar la eficiencia del actual sistema de movilidad.

En la misma línea, algunas ciudades en España como Burgos, Sevilla, o Madrid han comenzado a probar la denominada prioridad semafórica. Esta técnica *Smart City* viene a resolver los problemas de la convivencia de sistemas de transporte colectivo como el autobús urbano con el resto del tráfico rodado, reduciendo la forma en que se ven afectados por la congestión ocasionada por el resto del tráfico. Fundamentalmente, consiste en una serie de sensores en los autobuses y otros en los semáforos, capaces de detectar la velocidad media a la que se está desplazando el autobús; de la tal forma que permiten a los semáforos calcular cuándo deberán ponerse en verde para que el autobús no se vea obligado a detenerse más que en las paradas. Esta solución da prioridad al transporte público frente al particular en el ámbito de las calzadas, permitiendo mejorar los tiempos y la eficiencia del transporte colectivo además de convertirlo en una alternativa real al vehículo privado.

Además de estas medidas concretas que dependen de la actuación de las administraciones públicas, a día de hoy es posible gracias a las nuevas tecnologías y al “Internet de las Cosas”, bases del concepto *Smart*, saber por ejemplo cuánto tardaríamos en recorrer un trayecto en vehículo, si hay atascos u obras, o incluso si ha habido un accidente gracias a aplicaciones móviles y servicios en tiempo real sobre el estado del tráfico como los que ofrecen *Google Maps*, o la Dirección General de Tráfico. No obstante, aun muestran cierta imprecisión y haría falta una mayor inversión por parte de las administraciones en sistemas de colaboración público-privada que mejoren la forma en la que se obtienen y ponen en común los datos sobre el tráfico en tiempo real, para que fueran realmente efectivas.

Con respecto a las propuestas que pretenden transformar los modelos de movilidad urbana, podríamos distinguir entre dos tendencias principales: por un lado, las que comienzan a aplicarse en algunas ciudades europeas destinadas a la utilización de la tecnología y el internet de las cosas como forma de fomentar la **intermodalidad** en el uso de medios de transporte ya existentes que mejoren la eficiencia del espacio urbano; y por otro las tendencias que comienzan a desarrollarse en los Estados Unidos o en Asia, más basadas en innovaciones tecnológicas que buscan desarrollar medios de transporte totalmente nuevos.

La intermodalidad de acuerdo con el *Smart City Info System* de la Unión Europea (2016), consiste en la **integración** de los diferentes sistemas de transporte en una sola red, haciendo así que los ciudadanos puedan disponer un gran número de las alternativas de transporte conectadas entre sí de forma eficiente y segura. La principal ventaja de este sistema es que reequilibra la balanza en el peso que los diferentes medios de transporte tienen en nuestras ciudades, de tal forma que busca **reequilibrar** el porcentaje de usuarios de cada uno de los medios favoreciendo así, alternativas reales a los vehículos privados que permitan reducir la congestión urbana. El ejemplo más claro de este tipo de movilidad, lo encontramos en los Países Bajos donde desde hace un par de décadas se ha desarrollado a fondo este sistema.

Ámsterdam por ejemplo, ha ido sustituyendo de forma progresiva el espacio que se destinaba al tráfico rodado por transporte público en forma de tranvías y carriles bus, de forma que ha mejorado la frecuencia y la capacidad de conexión de estos sistemas de transporte; al mismo tiempo ha integrado la bicicleta y el peatón como eje fundamental de sus patrones de movilidad, que necesitan de un espacio mucho más reducido que el automóvil para transportar a más personas.

De esta forma el vehículo privado sería necesario para sus ciudadanos exclusivamente en determinadas circunstancias, y al haber ofrecido un enorme número de **alternativas** al mismo, las vías estarían mucho menos congestionadas; mejorando así la fluidez de la movilidad en su conjunto. Este sistema es incomprensible sin el uso de las tecnologías y aplicaciones web que permitirían, organizar de forma sencilla e intuitiva a los ciudadanos sus desplazamientos, disponer de bonos únicos e integrados de transporte, sistemas de pago rápido que agilicen y clarifiquen el uso de estos medios de transporte o gestionar los sistemas de transporte de tal forma que puedan “comunicarse” entre sí para un funcionamiento eficiente de toda la red. Además, el uso de las tecnologías permitirá conocer patrones de movilidad, horas pico, o zonas mal conectadas, para un diseño eficiente y continua mejora de toda la red.

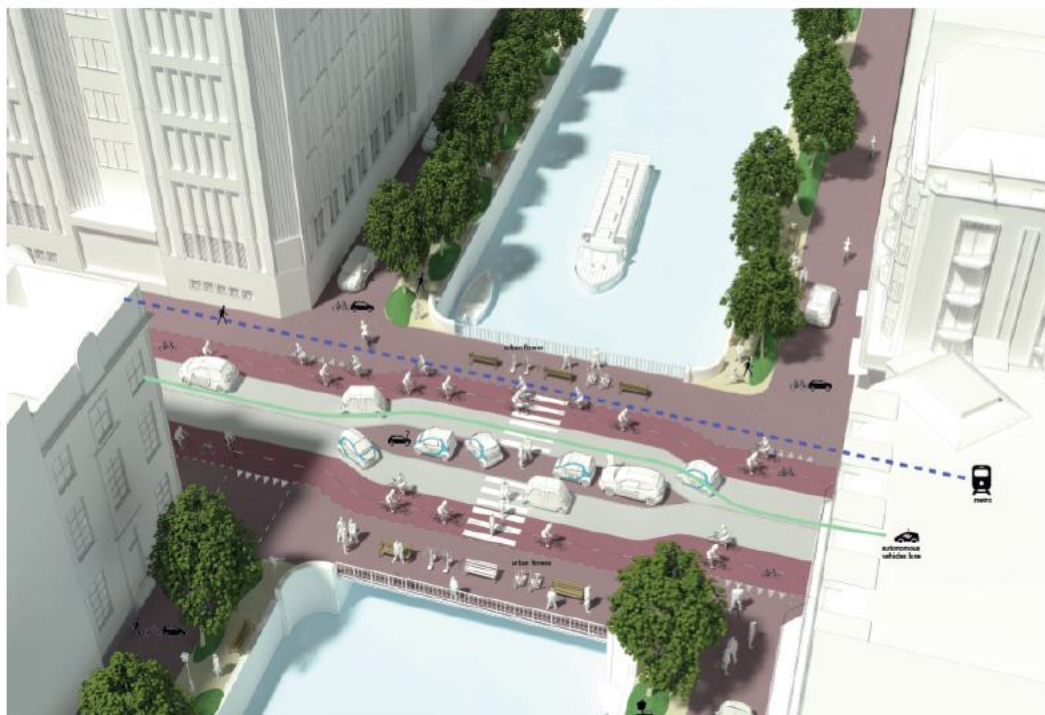


Imagen 5: Ejemplo de urbanismo basado en la intermodalidad. Fuente: City of Amsterdam (2016).

Los principales problemas que presenta la intermodalidad son: por un lado, necesita de una **inversión** muy elevada por parte de las administraciones públicas, pues supone la transformación integral de las ciudades; y en segundo lugar, supone un importante cambio cultural en el concepto de movilidad para los ciudadanos, lo que puede llevar al rechazo por parte de la sociedad.

En la línea de la intermodalidad se han mostrado las principales actuaciones en materia de movilidad en nuestro país durante los últimos años. Incluso en Zaragoza podemos asistir a ejemplos de intermodalidad como el eje de Gran Vía con la construcción de la línea 1 del tranvía, la promoción de un sistema de bicicletas públicas, la red de carriles bici, o la reciente incorporación de sistemas de movilidad individual compartida como el patinete eléctrico, que en su fin último, buscan reducir el número de individuos que se desplazan en vehículos motorizados privado y redistribuir los porcentajes de usuarios de cada medio de transporte.

En relación con los proyectos más futuristas, tal y como he señalado anteriormente suponen la invención de sistemas totalmente nuevos de transporte, en palabras de Bermúdez (2019) experto en logística, superan la frontera de las T.I.C. y el internet de las cosas y se podrían denominar Sistemas Ciber-Físicos; por lo que estaríamos ante un nuevo campo que aunque llevará intrínseco las técnicas Smart City debería ser considerado aparte.

Por mencionar algunas de las innovaciones que se preparan en este ámbito, encontramos los túneles que Musk (2019), pretende construir en Los Ángeles, por los que circularían convoyes de vehículos autónomos, creando así una especie de red de *Hyper-Loops* urbanos, o los autobuses denominados como TEB que el gobierno chino (2016) ya ha comenzado a fabricar y que serían capaces de desplazarse por la ciudad elevándose por encima del tráfico rodado y otros obstáculos.

6.3 Soluciones *Smart* y equidad.

Tal y como se apuntaba al inicio de este trabajo, uno de los principios de las *Smart cities* es conseguir mejorar la **calidad de vida** de sus habitantes.

En este sentido, considero que es importante tratar la cuestión de la **equidad**, entendiendo este principio como la necesidad de que los individuos bajo las mismas condiciones reciban el mismo trato y los que se encuentran en diferentes condiciones sean objeto de un trato diferente a fin de alcanzar el mayor grado de “**justicia**” posible.

Pese a que la gran mayoría de las propuestas han sido únicamente analizadas en términos de eficiencia, incluso por parte de los propios autores y entidades, parece imprescindible la necesidad de introducir el concepto de la equidad para que las soluciones aquí planteadas no degeneren en otros posibles efectos externos indeseado. Por ejemplo, imaginemos que se plantean una serie de medidas encaminadas a reducir los efectos negativos de la contaminación en una ciudad, si estas medidas se aplican únicamente en zonas residenciales o céntricas como a menudo suele ocurrir, terminaran desplazando la

contaminación a otros sectores de “menor interés” de la ciudad. Para evitar este tipo de situaciones, es importante que existan unos criterios de equidad que permitan aportar soluciones singulares a cada problemática con un impacto mínimo. De esta forma se conseguiría un beneficio global a la vez que unas condiciones de movilidad similares para todos los ciudadanos.

Aunque no existe ninguna reflexión al respecto, si es cierto que podríamos intuir que determinadas acciones *Smart* como la intermodalidad llevan intrínseco el concepto de equidad, pues al **reequilibrar** el espacio destinado a cada medio de transporte también supondríamos que se reequilibrarían los efectos externos tanto negativos como positivos que cada uno de ellos tiene para los habitantes en el conjunto de las ciudades.

Por tanto, parece evidente que más allá de mejorar la eficiencia, las políticas *Smart City* relacionadas con la movilidad deberán ir encaminadas a conseguir el mayor grado de **homogeneidad** posible; tanto en las **opciones** para desplazarse de todos los habitantes de la ciudad, como en la manera en la que sufren los efectos derivados de la movilidad urbana.

Este doble objetivo, supone un gran reto en términos de intervención pública, sin embargo, las herramientas *Smart* pueden actuar como un aliado; en primer lugar, como forma de superar los fallos de información, permitiendo detectar las diferentes problemáticas, y en su fin último ayudando a resolverlas.

Las administraciones públicas, mediante la regulación, pero especialmente mediante la imposición de criterios equitativos en los procesos de subvención de los nuevos proyectos serán clave para cumplir este objetivo.

7. DISCUSION.

En este apartado me dispongo a reflexionar brevemente y de forma personal sobre los principales hallazgos obtenidos.

El objetivo central de este trabajo era ayudar a comprender en qué consisten las herramientas *Smart City* y cómo su implantación en el ámbito de la movilidad urbana podía ayudar a superar los efectos externos negativos que esta genera.

Para la consecución de tal objetivo, me he servido del estudio de los patrones de movilidad de las ciudades de Berlín y de Barcelona (con similar población pero con diferencias estructurales), como forma de extraer un patrón de movilidad extensible a un gran número de ciudades europeas. Los resultados, muestran cómo el vehículo privado a motor sigue siendo el medio de transporte predominante en Europa y cómo las herramientas *Smart Mobility* trabajan básicamente en aportar alternativas al mismo, reduciendo así los efectos externos negativos que este produce como la contaminación o la congestión.

Estos resultados, están en la línea de lo esperado, ya que es evidente que el excesivo uso del transporte privado (especialmente del automóvil) es la principal flaqueza de nuestra movilidad actual tanto a efectos de sostenibilidad como de eficiencia. Esta conclusión, esta además en la línea de numerosos informes consultados durante la realización del trabajo, principalmente de instituciones europeas, que coinciden en la necesidad de reducir nuestra dependencia del vehículo privado y en que las herramientas *Smart* son un excelente aliado en este sentido, existiendo incluso programas de financiación para extender su uso.

Durante la realización del trabajo me he encontrado que en contra de lo esperado son muy pocas las ciudades que llevan un seguimiento de sus hábitos de movilidad. También me ha sorprendido la forma en que las herramientas *Smart City* se implantan en las mismas, sin demasiada coherencia, mas bien de forma aislada, y sin un objetivo global.

Dado que gran parte de las soluciones planteadas en el último epígrafe del trabajo aún no se han puesto en marcha o acaban de hacerlo, no he podido darle a este apartado todo el carácter “problema – solución” que quería, mismamente, me habría gustado hacer más hincapié en la cuestión de la sostenibilidad.

Finalmente, me ha resultado sorprendente que la gran mayoría de las propuestas *Smart* en cuanto a movilidad hacen mucho hincapié en la eficiencia pero apenas pasan por encima cuestiones como la equidad, en este sentido, pienso que las herramientas *Smart Mobility*, si se integran en planes ambiciosos de actuación coordinada tienen mucho potencial como forma de equilibrar o cohesionar las ciudades, tanto a nivel infraestructuras como a nivel social, y creo que se debería investigar más en este sentido.

8. CONCLUSION.

En una sociedad con una evidente tendencia a la urbanización, y con un horizonte en el que las megaciudades serán realidad en apenas unas décadas, aparecen continuos retos de carácter transversal en el ámbito de la gestión urbana.

Actualmente en la ciudad media europea, la movilidad está caracterizada por el uso de vehículos privados, especialmente en las distancias medias y largas, y en menor medida por el uso de transportes de colectivo, haciéndose el vehículo motorizado privado especialmente dominante en los desplazamientos de carácter interurbano. Este patrón de movilidad se desarrolla sobre un espacio urbano al que hemos definido como un bien público impuro o congestionable y genera fallos de mercado en forma de efectos externos negativos sobre los habitantes de las ciudades. Entre estas externalidades destacan: los elevados niveles de contaminación atmosférica y acústica, que afectan a la salud de los ciudadanos y al medio ambiente; y los problemas de congestión del espacio urbano, que denota la ineficiencia del sistema actual.

Una *Smart City*, tiene un ámbito de actuación de carácter multidisciplinar, siendo la movilidad urbana una de las dimensiones en las que está presente. En este sentido, las herramientas *Smart Mobility* pretenden ayudar a superar los efectos externos antes mencionados a través del uso combinado de las T.I.C. y el internet de las cosas, con el fin último de mejorar la calidad de vida de los habitantes de las ciudades y hacer frente a las crecientes necesidades de las urbes en un mundo en continua transformación.

Con la finalidad de resolver los efectos negativos derivados de nuestra movilidad actual, las herramientas *Smart* puestas al servicio de la intervención pública, son capaces de; permitir superar los fallos de información, facilitando así la detección de las diferentes problemáticas, y en fin último, ayudar a solventarlas de forma directa o en cooperación con actuaciones del sector público. En este trabajo se han mostrado algunas de las propuestas que empresas especializadas en el sector y determinadas administraciones públicas han puesto, o están poniendo en marcha.

En todas ellas, parece evidente el cumplimiento de dos objetivos: por un lado, la necesidad de reducir el nivel de dependencia de los vehículos privados en favor de sistemas de movilidad que permitan aprovechar de una forma más eficiente las infraestructuras de movilidad existentes como forma de conseguir una *Smart Mobility*, y a su vez colaborando con el cumplimiento del segundo objetivo, que hace referencia a la necesidad de un modelo de movilidad más sostenible.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Área de Transporte de Barcelona, (ATM)., Ajuntament de Barcelona., Área metropolitana de Barcelona, (AMB)., IDESCAT., (Junio de 2018). *Enquesta de mobilitat en dia feiner 2017 (EMF 2017), La mobilitat a l'àrea metropolitana de Barcelona*. Todas las páginas. Disponible en: https://observatori.atm.cat/enquestes-de-mobilitat/Enquestes_ambit_ATM/EMEF/2017/EMEF_2017_Informe_AMB.pdf
- Bermúdez, F. Ateneo de la EINA. (29 de mayo de 2019). *La logística del futuro*.
- Boadway, W., Wildasin, E. (1984). *Public sector economics*. Madrid: Instituto de estudios fiscales. Capítulo IV, *La teoría de los bienes públicos*, págs.130-152. Capítulo V, *Externalidades*, págs. 156-195.
- Boix, R. (Noviembre de 2006). *Desarrollo de regiones y Euroregiones. El desafío del cambio rural, las áreas metropolitanas en España*. págs. 3-5. Consultado el 20 de diciembre de 2018, disponible en: <https://www.uv.es/raboixdo/references/2006/06011.pdf>
- Centro de noticias O.N.U. (2014, 10 de Julio). *Más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y seguirá creciendo*. Extraído el 15 de noviembre de 2018 desde <https://www.un.org/es/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>
- Comisión Europea (2014). *Urban-rural typology -Statistic Explained – Eurostat – Europa*. Disponible en: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics_explained/index.php/Urban-rural_typology
- Dirección General de Tráfico, Noticias, (13/09/2015). *Cada día se producen 27 atropellos en ciudad*. Disponible en: <http://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2015/10OCTUBRE/1013Race-Goodyear-atropello-peatones-zona-urbana.shtml#.XPASZlqzbIV>
- Drescher, W. (2015). *Smart Mobility, Action Plan 2016-2018*. City of Amsterdam.
- Ellen Mc Arthur Foundation, *The circular economy applied to the automotive Industry* (2012). Disponible en: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/news/the-circular-economy-applied-to-the-automotive-industry-2>
- Idescat (Junio de 2018). *Indicadors de Població Junio de 2018*. Disponible en: <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=anuals&n=10328&col=1>
- Internet de las cosas. (9 de mayo de 2019). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Internet_de_las_cosas.

- Leileveld, J., Klingmüller, K., Pozzer, A., Mohammed, F. (2019). *European Hearth Journal*, Volume 40, Issue 20, págs 1590-1596. Disponible en: <https://academic.oup.com/eurheartj/article/40/20/1590/5372326>
- Lyons, G. University of West England (2018). *Getting smart about urban mobility – Aligning the paradigms of smart and sustainable*. Disponible en, Scopus: <https://www.scopus.com/roble.unizar.es:9443/record/display.uri?eid=2-s2.0-85009250647&origin=resultslist&sort=r-f&src=s&st1=urban+Mobility&nlo=&nlr=&nls=&sid=769f795e600b81c567852714cf01e569&sot=b&sdt=b&sl=29&s=TITLE-ABS-KEY%28urban+Mobility%29&relpos=1&citeCnt=9&searchTerm=>
- Manville, R., Cochrane, G., Cave, J., Millard, J., Pedersson, JK., Tharuup, R., Liebe, A., Wissner, M. European Parliament, Directorate-general for internal policies, (2014). *Mapping Smart Cities in the EU*. Disponible en: http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET%282014%29507480_EN.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica, Gobierno de España (2019). *Contaminación acústica*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/contaminacion-acustica/>
- Monzón, A. (2015) *Smart Cities Concept and Challenges, Bases for the assessment of Smart City Projects*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Moreno, C. (2015). *Desarrollo de un modelo de evaluación de ciudades basado en el concepto de ciudad inteligente (SMART CITY)*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
- Müller, M. Berlin STAD – Berlinbaut (2013). *Berlin in traffic figures*. Todas las páginas Disponible en: https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/entwiclklung/index_en.shtml
- Rosen, S. (2001). *Hacienda pública*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U. Capítulo 4, *Bienes públicos*, págs. 55-78. Capítulo 5, *Externalidades*, págs. 81-110. Disponible en: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxmaW5hbnpnc3B1YmtpY2FzY29zdGF8Z3g6NGVkbmNDQ5MzI1OTQ0>
- Thuzar, M. (2011). *Urbanization in Southeast Asia: Developing smart cities for the future?* Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/293185744_Urbanization_in_Southeast_Asia_Developing_smart_cities_for_the_future
- Vincenzo, G. (2012). *Smart Grid projects in Europe: Lessons learned and current developments*. <https://ses.jrc.ec.europa.eu/publications/reports/smart-grid-projects-europe-lessons-learned-and-current-developments-2012-update> pág. 64

William, J. (2011) *Smart Cities: Vision*. MIT News Office. Disponible en: <https://smartcities.media.mit.edu/>

ENLACES A LOS PRINCIPALES PROYECTOS:

Ayuntamiento de Madrid. *Plan A de calidad del aire, Madrid Central*. Disponible en: <https://diario.madrid.es/aire/madrid-central/>

Dinamic Train Systems: *Our vision for Berlin 2030*. Disponible en: <https://intermodal.systems/pages/smartcity>

Lujan, X. (21 de Julio, 2011). *¿Qué es la prioridad semafórica?* Ecomovilidad.net. Disponible en: <https://ecomovilidad.net/global/prioridad-semaforica/>

Redacción BBC mundo. (27 de Mayo, 2016). *TEB, el gigantesco autobús chino que se elevará por encima de los atascos*. BBC MUNDO. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/05/160527_china_autobus_gigante_am

Salza, C. (28 de Junio, 2017). *Elon Musk comienza a construir sus aburridos túneles en Los Ángeles*. Cinet en español. Disponible en: <https://www.cnet.com/es/noticias/elon-musk-comienza-a-construir-sus-aburridos-tuneles-en-los-angeles/>

Sanburn, J. (5 de Mayo 2015). *How Smart Traffic Lights Could Transform Your Commute*. TIME. Disponible en: <http://time.com/3845445/commuting-times-adaptive-traffic-lights/>

Smart Logic Ladder. *Making Cities Smarter, Livable and sustainables with the sustainability Cloud*. Disponible en: <http://www.logicladder.com/solutions/smart-city-platform-for-energy-water-environment>

Spider Urban Mangement Platform. *Solutions to air pollutions in Smar Cities*. Disponible en: <https://www.urbansolutions.es/en/blog/94-smart-cities/120-solutions-to-air-pollution-in-smart-cities>

