



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
(ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Especialidad electrónica

**ESTUDIO MOVILIDAD SOSTENIBLE EN ZONAS
DE MADRID**

Autor: Ángela Barber Abril

Director: Juan Norverto Moriño

Madrid, Julio 2018

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL



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. Ángela Barber Abril

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Estudio movilidad sostenible en zonas de Madrid,

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.

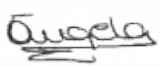
6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

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, a9..... deJulio..... de2018.....

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
..... Estudio movilidad sostenible en zonas de Madrid

.....
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico ...2017/2018.. 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.: Ángela Barber Abril

Fecha: ...9../ ...7../ ...2018



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Juan de Norverto

10/07/2018



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
(ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Especialidad electrónica

**ESTUDIO MOVILIDAD SOSTENIBLE EN ZONAS
DE MADRID**

Autor: Ángela Barber Abril

Director: Juan Norverto Moriño

Madrid, Julio 2018

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

ESTUDIO MOVILIDAD SOSTENIBLE EN ZONAS DE MADRID

Autor: Barber Abril, Ángela

Director: Norverto Moriñigo, Juan

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

En el presente proyecto se pretende dar respuesta al problema vial y de polución del aire al que se enfrenta Madrid con el uso de la tecnología y de sistemas inteligentes de gestión del tráfico.

Palabras clave: contaminación, Madrid, Plan A, vehículo, tecnología.

I. Introducción

La evolución y universalización de los vehículos, especialmente de los propulsados por la tecnología diésel ha dado lugar a problemas viales en la ciudad de Madrid. Entre los cuales destacan la contaminación del aire, lo que provoca que la salud de los ciudadanos empeore y crezca el número de personas con enfermedades respiratorias. Por otro lado, se encuentra el número de accidentes, provocados por las numerosas incidencias que generan situaciones de riesgo, o por la actitud de los conductores al pasar demasiado tiempo en el coche.

A su vez, la OMS (Organización Mundial de la Salud) y la UE (Unión Europea) han declarado unos límites de partículas presentes en el aire de manera que la salud de los ciudadanos se respete. Por ello, el Ayuntamiento de Madrid ha puesto en marcha un Plan con el cual pretende que la polución actualmente presente disminuya. Sin embargo, la mayoría de medidas que presenta, se centran en la eliminación de los vehículos de gasolina y diésel, mientras que incentiva los híbridos, CERO y el transporte público. Debido a que no todos los ciudadanos tienen la oportunidad de realizar su desplazamiento en alguno de estos medios, la necesidad del uso de la tecnología para el control del tráfico se hace cada vez más presente.

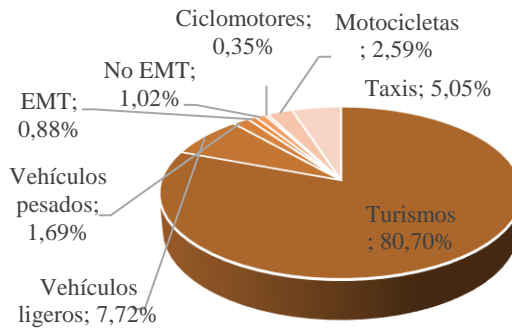


Figura 1. Vehículos circulantes

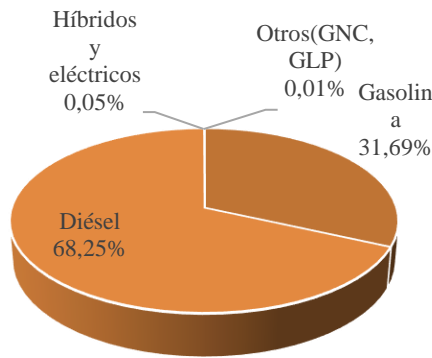


Figura 2. Distribución de turismos por combustible

De hecho, el objetivo de este proyecto es presentar sistemas de monitorización del tráfico que influyan positivamente en el estado del aire de la capital española.

II. Metodología

El primer paso es la caracterización de Madrid, lo que incluye el estado del parque circulante y el clima en las diferentes estaciones, ya que las diferentes escenas meteorológicas

influyen en la cantidad de partículas nocivas que respiramos.

Es importante, a su vez, diferenciar y especificar los problemas a los que se enfrenta la ciudad de manera que puedan ser evaluados más adelante.

En segundo lugar, se analiza el estado del arte en el cual hay un listado de las propuestas y medidas que se han llevado a cabo en diferentes capitales europeas con problemática similar como son Londres, París y Berlín.

En tercer lugar, se estudian las diferentes medidas propuestas por el Ayuntamiento de Madrid en el Plan A de calidad del aire con respecto a los diferentes ámbitos, su futuro impacto y la opinión de los ciudadanos a los que afecta.

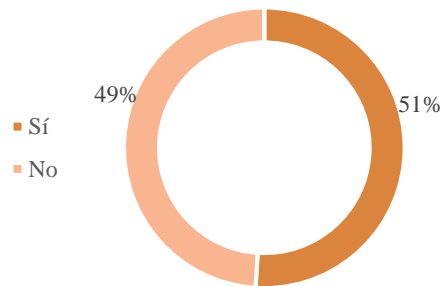


Figura 3. Conocimiento Plan A

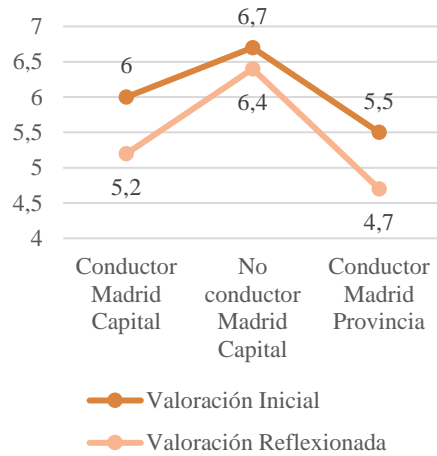


Figura 4. Valoración Plan A

Por último, se proponen soluciones tecnológicas que responden al problema vial que sufre la ciudad. La primera de ellas es un sistema de aparcamiento inteligente en la zona SER (Servicio de Estacionamiento Regulado), que reduciría el tráfico y la contaminación dado a que un tercio de los conductores que circulan por las calles céntricas se encuentran buscando aparcamiento.¹ Este sistema contaría con sensores y un sistema central de control.

La segunda se trataría de un sistema automático de gestión de tráfico. Unas cámaras de reconocimiento de caracteres leerían las matrículas de los vehículos y transmitirían la

información al sistema central de manera que éste controlaría los semáforos conectados a la red.

III. Resultados

Si se implantaran estos dos sistemas en Madrid, la contaminación descendería ya que el tráfico sería más lineal y fluido. A su vez, el tiempo que se tarda en cada desplazamiento descendería y la actitud de los conductores los llevaría a cometer menos infracciones y, por lo tanto, habría menos situaciones de riesgo.

IV. Conclusiones

Mientras que las medidas del Plan A defienden la eliminación de los vehículos privados, promoviendo la utilización del transporte público y de las vías no contaminantes como son los vehículos ECO o CERO o las bicicletas, la grave situación que está viviendo la ciudad puede mejorar gracias al uso de la tecnología. Estas medidas investigadas en este proyecto mejorarían la calidad del aire sin interferir en la calidad de vida de los ciudadanos que dependen de

¹ ACCESS Magazine: University of California Center on Economic Competitiveness

vehículos privados para su
desplazamiento.

ESTUDIO MOVILIDAD SOSTENIBLE EN ZONAS DE MADRID

Autor: Barber Abril, Ángela

Director: Norverto Moriñigo, Juan

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

PROJECT SUMMARY

This project aims to respond to the road problem and air pollution that Madrid faces with the use of technology and intelligent traffic management systems.

Keywords: pollution, Madrid, Plan A, vehicle, technology.

I. Introduction

The evolution and universalization of vehicles, especially those propelled by diesel technology, has led to road problems in the city of Madrid. Among them, air pollution stands out, which causes the health of the citizens to worsen and the number of people with respiratory diseases to grow. On the other hand, there is the number of accidents, caused by the numerous incidents that generate situations of risk, or by the attitude of drivers to spend too much time in the car.

In turn, the WHO (World Health Organization) and the EU (European Union) have declared particle limits

present in the air so that the health of citizens is respected. For this reason, Madrid City Council has launched a plan with which it aims to reduce the current pollution. However, most of the measures it presents, focus on the elimination of gasoline and diesel vehicles, while encouraging hybrids, ZERO and public transport. Given that not all citizens have the opportunity to travel in any of these means, the need for the use of technology for traffic control is increasingly present.

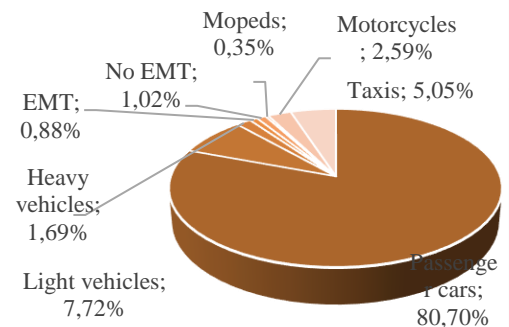


Figura 5. Circulating vehicles

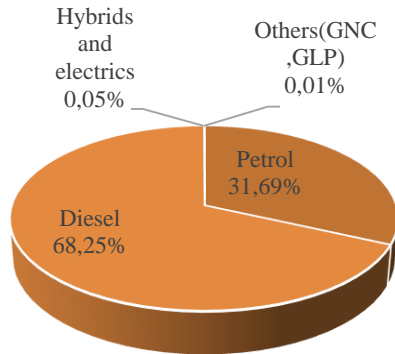


Figura 6. Distribution of cars by fuel

In fact, the objective of this project is to present traffic monitoring systems that will positively influence the air condition of the Spanish capital.

II. Methodology

The first step is the characterization of Madrid, which includes the state of the circulating park and the weather in the different seasons, since the different meteorological scenes influence the amount of harmful particles that we breathe.

It is important, likewise, to differentiate and specify the problems facing the city so that they can be evaluated later.

Secondly, the state of the art is analysed in which there is a list of the proposals and measures that have been carried out in different European capitals with similar

problems such as London, Paris and Berlin.

Fourth, the different measures proposed by the Madrid City Council in the Air Quality Plan A are studied with respect to the different areas, their future impact and the opinion of the citizens affected.

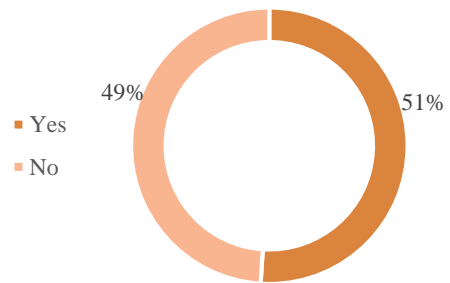


Figura 7. Plan A knowledge

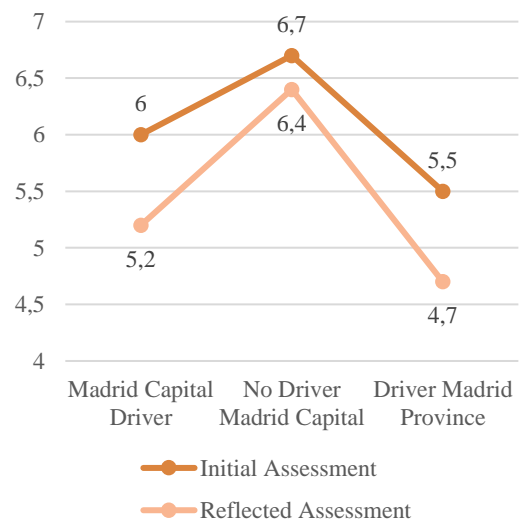


Figura 8. Plan A Valuation

Finally, technological solutions are proposed that respond to the road problem suffered by the city. The first of these is an intelligent parking system in the SER (Regulated Parking Service) area, which will reduce traffic and pollution given that one third of the drivers who circulate in the downtown streets are looking for parking.² This system would have sensors and a central control system.

The second would be an automatic traffic management system. Character recognition cameras would read the license plates of the vehicles and would transmit the information to the central system so that it would control the traffic lights connected to the network.

III. Results

If these two systems were implemented in Madrid, the pollution

would decrease as traffic would be more linear and fluid. In turn, the time it takes for each trip would decrease and the attitude of the drivers would lead them to commit fewer infractions and, therefore, there would be fewer situations of risk.

IV. Conclusions

While the measures of Plan A defend the elimination of private vehicles, promoting the use of public transport and non-polluting roads such as ECO or ZERO vehicles or bicycles, the serious situation that the city is experiencing may improve thanks to the use of technology. These measures investigated in this project would improve air quality without interfering with the quality of life of citizens who depend on private vehicles for their movement.

² ACCESS Magazine: University of California Center on Economic Competitiveness

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL



Índice de la memoria

<i>Parte I</i>	<i>Memoria</i>	<i>1</i>
<i>Capítulo 1</i>	<i>Introducción</i>	<i>3</i>
<i>Capítulo 2</i>	<i>Objetivos</i>	<i>5</i>
<i>Capítulo 3</i>	<i>Caracterización de Madrid y consumo energético</i>	<i>7</i>
3.1	Caracterización climática	7
3.1.1	Temperaturas.....	7
3.1.2	Precipitaciones	8
3.1.3	Viento.....	9
3.2	Caracterización del parque de vehículos circulantes	10
3.3	Consumo energético	14
<i>Capítulo 4</i>	<i>Listado de problemas</i>	<i>19</i>
4.1	Bicicletas.....	19
4.2	Transporte público	19
4.3	Fluidez del tráfico.....	20
4.4	Zonas de carga y descarga.....	21
4.5	Coches eléctricos.....	21
4.6	Contaminación.....	22
<i>Capítulo 5</i>	<i>Estudio de proyectos similares en otros lugares</i>	<i>23</i>
5.1	Londres.....	23
5.1.1	Zonas de Londres y objetivos finales	23
5.1.2	Smart parking	24
5.1.3	Transporte público	25
5.1.3.1	Flota de autobuses	25
5.1.3.2	Taxis	27
5.1.3.3	Coches con conductor de alquiler.....	27

5.2	Paris	28
5.3	Berlín	30
Capítulo 6 Estudio de las medidas del Plan A y propuesta de soluciones		33
6.1	Turismos	33
6.2	Peatones	36
6.3	Bicicleta	37
6.4	Autobuses	37
6.5	Taxis	38
6.6	Carga y descarga	38
6.7	Servicios municipales	40
6.8	Movilidad laboral	41
6.9	Impulso a los vehículos eléctricos	41
6.10	Car sharing	41
Capítulo 7 Medidas tecnológicas.....		45
7.1	Aparcamiento inteligente	45
7.1.1	Mapa SER	45
7.1.2	Tarifas zona SER	48
7.1.3	Reducciones	48
7.1.4	Problemas de la zona SER	50
7.1.5	Elementos.....	50
7.1.5.1	Sensores.....	51
7.1.5.2	Router	54
7.1.5.2.1	Especificaciones	55
7.1.5.3	Letreros luminosos	58
7.1.5.4	Aplicación móvil	58
7.1.5.5	Cloud server	59
7.1.5.6	Comunicación.....	61
7.1.6	Diseño	62
7.2	Semáforos inteligentes	67
7.2.1	Elementos.....	67

7.2.1.1 Semáforo LED.....	67
7.2.1.2 Cámara	68
7.2.1.3 Software	71
7.2.1.4 Regulador	73
7.2.1.5 Comunicación.....	74
7.2.2 Modo de funcionamiento	74
7.2.3 Impacto	75
Capítulo 8 Futuros sistemas.....	77
8.1 Carriles reversibles automatizados.....	77
8.2 Control del modo de funcionamiento	78
Capítulo 9 Conclusión	81
Parte II Estudio económico.....	83
Capítulo 1 Estudio económico.....	85
Bibliografía	87

Índice de figuras

Figura 1. Zonificación establecida en el estudio del Parque Circulante 2013	11
Figura 2. Distribución del total de vehículos circulantes del municipio de Madrid	13
Figura 3. Distribución de los vehículos circulantes en la zona A	13
Figura 4. Distribución de los turismos por combustibles en el municipio de Madrid	14
Figura 5. Futuros impuestos de circulación en Londres	24
Figura 6. Badén tipo cojín berlinés	36
Figura 7. Mapa de la zona SER de Madrid	47
Figura 8. Ejemplo de funcionamiento del sensor	52
Figura 9. Diagrama de funcionamiento del sensor	53
Figura 10. Router Meshlium	55
Figura 11. Mapa de comunicaciones	61
Figura 12. Posición de los paneles luminosos	64
Figura 13. Diseño de panel luminoso	67
Figura 14. SpeedCam	69
Figura 15. Mapa de comunicaciones	74

Índice de tablas

Tabla 1. Temperaturas en Madrid	8
Tabla 2. Precipitaciones en Madrid	9
Tabla 3. Viento en Madrid	9
Tabla 4. Zonificación del municipio de Madrid de acuerdo al estudio del Parque Circulante 2013	10
Tabla 5. Composición del vehículo tipo a nivel sector y por su zona.....	12
Tabla 6. Contribución de cada fuente energética al consumo de energía de cada sector (%) Año 2015.....	16
Tabla 7. Distribución porcentual del consumo de cada fuente energética	17
Tabla 8. Programa de renovación de autobuses de Londres	26
Tabla 9. Programa de aparcamientos disuasorios propuesto por el Plan A	35
Tabla 10. Restricciones de transporte de mercancías de vehículos de masa menor de 3500 kg	39
Tabla 11. Restricciones de transporte de mercancías de vehículos de masa mayor de 3500 kg	40
Tabla 12. Reducciones y recargos de los vehículos en la zona SER.....	49
Tabla 13. Parámetros configurables del sensor	52
Tabla 14. Cloud servers compatibles	60
Tabla 15. Evolución debido a la implementación del sistema ADIMOT	76

Parte I MEMORIA

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, nos enfrentamos a un problema de movilidad en la ciudad de Madrid. Esta dificultad se debe al auge de los vehículos, que provoca un alto nivel de contaminación en el aire de la capital, así como un gran tráfico que provoca situaciones de riesgo y accidentes. De hecho, ha habido un aumento constante de los accidentes viales desde 2012.

Todos los conductores se han encontrado alguna vez con un coche en doble fila que les ha obligado a realizar una maniobra que pone en peligro su vida y la de los demás, o, simplemente, con un atasco de más de una hora.

Teniendo en cuenta estas dificultades, el Ayuntamiento ha desarrollado el Plan A con objetivo final de reducir la polución para mejorar la salud de los ciudadanos. Sin embargo, este plan se basa en la eliminación del vehículo privado propulsado por gasolina o diésel. Para ello pretende incentivar el uso del transporte público o compartido, sin tener en cuenta que hay un alto porcentaje de personas que no tienen esa posibilidad a la hora de desplazarse o simplemente, incrementa el tiempo del recorrido más del doble.

Este problema al que se enfrenta la ciudad no es único, sino que otras grandes capitales europeas también se enfrentan a él, y pueden llegar a ser un referente.

A diferencia de lo propuesto por el Ayuntamiento, el uso de la tecnología ayuda a resolver los conflictos actuales. Una buena y automatizada gestión del tráfico evitará la eliminación del vehículo privado. Se hablará de diferentes sistemas como pueden ser la gestión automática de los aparcamientos, de los semáforos y de los carriles reversibles. Estos cambios en el tráfico de la ciudad harán que las partículas contaminantes emitidas por los motores de los coches se reduzcan considerablemente. La salud de los ciudadanos mejorará, así como se reducirán las

situaciones de riesgo en la carretera, tanto para los conductores como para los viandantes.

Capítulo 2 OBJETIVOS

Con este proyecto se hará un estudio de la situación de movilidad urbana de Madrid, haciendo un diagnóstico de la situación actual. Para ello se caracterizará el clima y el parque circulante de manera que se puedan comprobar los problemas principales a los que se enfrenta. Dentro de estas dificultades se encuentran las emisiones, la accesibilidad y, en general, el movimiento de personas y de mercancías.

En segundo lugar, se busca comprobar cuáles son las políticas actuales cuyo objetivo es mejorar la calidad del aire y reducir el número de partículas nocivas que se encuentran en él. Se justificará en qué nivel responden estas políticas con la situación que vive la capital española.

Por último, y en consideración con todo lo anteriormente explicado, se propondrán soluciones tecnológicas que mejoren el panorama del tráfico actual y den respuesta a los problemas anteriores de la mejor manera posible y teniendo en cuenta a todos los ciudadanos. No supondrán un aumento de contaminación, sino que bajarán los diferentes niveles de emisiones a la vez que no dejarán de preocuparse por las personas que viven lejos de Madrid y a las que el uso del vehículo privado les supone la única manera de acceder al centro.

Capítulo 3 CARACTERIZACIÓN DE MADRID Y CONSUMO ENERGÉTICO

3.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

El clima presente en la ciudad de Madrid no favorece a la reducción de la contaminación, especialmente en los meses correspondientes al verano. Estos meses se caracterizan por ser especialmente calurosos y con ausencia de lluvias, lo que empeora la polución.

La lluvia, tan ausente en verano, es importante porque ayuda a limpiar el aire que respiramos al arrastrar las partículas que se encuentran en él hacia el suelo. Por otro lado, el viento ayuda a que la cantidad de dióxido de nitrógeno disminuya por lo que también es importante este fenómeno para mejorar la calidad del aire de la ciudad.

3.1.1 TEMPERATURAS

El clima de la capital española se caracteriza por tener una temperatura media en verano superior a los 23 °C, llegando a superar los 30 °C de temperatura media máxima. Sin embargo, en invierno, hay una temperatura media de 8 °C y una temperatura media mínima de 3 °C, lo que genera una gran diferencia entre las temperaturas en invierno y en verano.

Temperaturas(°C)					
Estaciones	Temperatura media estacional / anual				
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual
Retiro	8.5	17.3	23.9	10.6	15.0
Cuatro V.	8.1	17.1	23.9	10.6	14.9
Aeropuerto	7.6	16.7	23.5	10.1	14.5
Estaciones	Medias estacionales / anuales de máxima				
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual
Retiro	12.7	22.9	26.4	14.3	19.9
Cuatro V.	13.1	23.3	30.8	15.1	20.6
Aeropuerto	13.6	23.8	31.4	15.6	21.1
Estaciones	Medias estacionales / anuales de mínimas				
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual
Retiro	4.2	11.7	17.7	6.9	10.1
Cuatro V.	3.1	10.9	17.3	6.0	9.3
Aeropuerto	1.6	9.6	15.5	4.7	7.9

Tabla 1. Temperaturas en Madrid

3.1.2 PRECIPITACIONES

Madrid es una ciudad con clima seco que se caracteriza por la ausencia de precipitaciones (menos de 500 mm anuales). Podemos comprobar como estas lluvias se concentran en primavera y otoño principalmente, y que la estación que menos contribuye es el verano.

Por esta razón, estos últimos años se han dado episodios críticos de contaminación en la estación más calurosa del año, ya que la lluvia ayuda a rebajar el nivel de partículas contaminantes.

Estaciones	Precipitaciones(mm)				
	Precipitación estacional / anual				
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual
Retiro	92	116	44	169	421
Cuatro V.	94	117	47	170	428
Aeropuerto	83	104	43	142	371

Tabla 2. Precipitaciones en Madrid

3.1.3 VIENTO

Como ya se ha dicho, el viento disemina el dióxido de nitrógeno del aire, por lo que ayuda considerablemente a bajar la contaminación de éste.

En la siguiente tabla se puede observar como la estación con más viento es la primavera, siendo el otoño la que menos tiene. Sin embargo, se puede observar como no hay una gran diferencia en el nivel de viento durante el año.

Estaciones	Viento(Km/h)				
	Precipitación estacional / anual				
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Anual
Retiro	9.07	10.37	9.77	8.83	9.51
Cuatro V.	7.23	8.7	8.27	7.2	7.85

Tabla 3. Viento en Madrid

Las temperaturas, las precipitaciones y el viento son los fenómenos meteorológicos que más afectan al nivel de polución de la ciudad. Después de observar datos acerca de ellos, se comprueba como la época veraniega es la que se ve más afectada por ellos, y la que es, por tanto, la más predispuesta a tener el aire con más partículas contaminantes. Esta deducción coincide con la realidad. La mayoría de episodios de alta contaminación se han dado en los meses de junio y julio.

Dado a que nosotros no podemos controlar el clima de la ciudad, debemos intentar contribuir por tener un aire más limpio, especialmente en verano.

3.2 CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE DE VEHÍCULOS CIRCULANTES

La flota de vehículos circulantes en el municipio de Madrid es una de las principales fuentes contaminantes. Por esa razón, esta actividad de caracterización es tan importante.

Todos los datos provienen del Estudio del parque circulante de la ciudad de Madrid 2013 realizado por la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial en colaboración con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.

Aunque el último estudio del parque circulante se realizara hace unos años, los porcentajes se pueden extrapolar a la situación actual ya que en 2013 ya se superaban los límites impuestos por la Unión Europea para la calidad del aire.

Con el objetivo de tener la información catalogada y más precisa, se ha dividido el municipio de Madrid en cinco zonas.

Zona	Descripción
A	Interior M30/Calle 30
B	M30/Calle30
C	Entre M30/Calle 30 y M40
D	M40
E	Exterior M40

Tabla 4. Zonificación del municipio de Madrid de acuerdo al estudio del Parque Circulante 2013

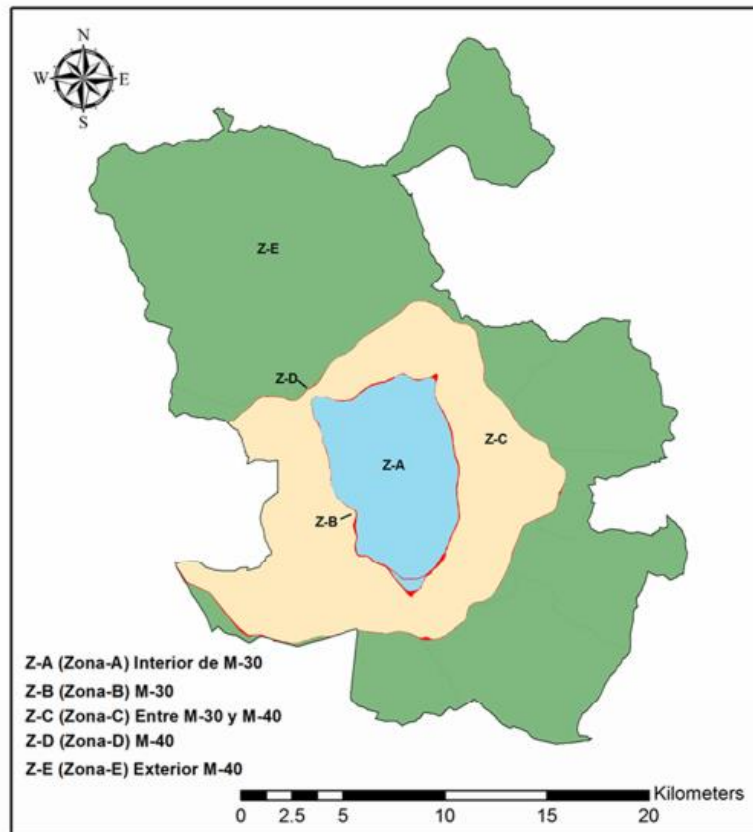


Figura 9. Zonificación establecida en el estudio del Parque Circulante 2013

Se establecieron diferentes puntos de muestreo a lo largo de las distintas zonas del municipio durante más de una semana. Posteriormente, se compartieron los datos de las matrículas obtenidas con la Dirección General de Tráfico de manera que ésta les proporcionara la información necesaria acerca de cada vehículo.

Al final del estudio se llegó a la siguiente información sobre la flota circulante de Madrid.

Sector	Zonas					TOTAL Municipio
	A	B	C	D	E	
Turismos	72.57%	84.79%	81.82%	84.79%	82.08%	80.70%
Vehículos ligeros	4.73%	8.49%	8.63%	8.49%	8.41%	7.72%
Vehículos pesados	0.95%	2.03%	1.77%	2.03%	1.89%	1.69%
Autobuses	1.96%	0.97%	1.64%	0.97%	3.12%	1.9%
EMT	1.76%	0.1%	1.37%	0.01%	0.44%	0.88%
No EMT	0.20%	0.87%	0.28%	0.96%	2.68%	1.02%
Ciclomotores	0.52%	0%	0.67%	0%	0.2%	0.35%
Motocicletas	8.33%	0.52%	1.15%	0.52%	1.51%	2.59%
Taxis	10.93%	3.21%	4.32%	3.21%	2.79%	5.05%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla 5. Composición del vehículo tipo a nivel sector y por su zona

De la tabla se puede llegar a un gran número de conclusiones, aunque sólo se nombrarán las más relevantes.

El número de turismos sobresale considerablemente con respecto al número del resto de medios de transporte, con 80.70% en el municipio. Comprobamos como la cantidad de estos vehículos es menor en la Zona A, dónde los taxis y las motocicletas aumentan en gran medida. En el caso de las motocicletas en la Zona A tiene un 8.33% mientras que en las demás zonas ronda en 1%. Por otro lado, los taxis son el 10.93% en la Zona A, siendo un 3% en el resto de zonas.

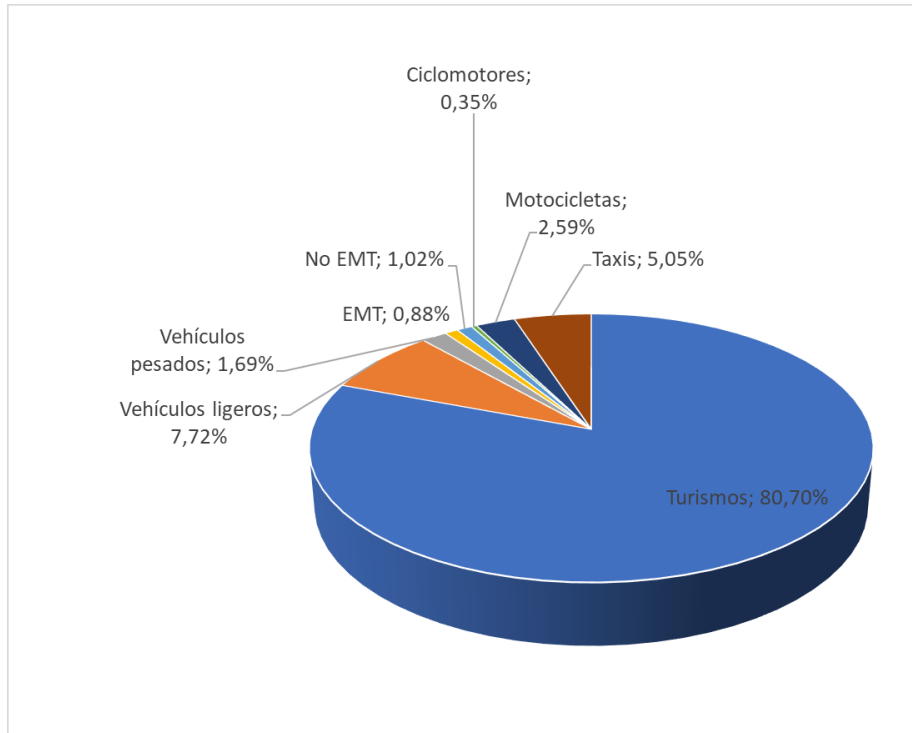


Figura 10. Distribución del total de vehículos circulantes del municipio de Madrid

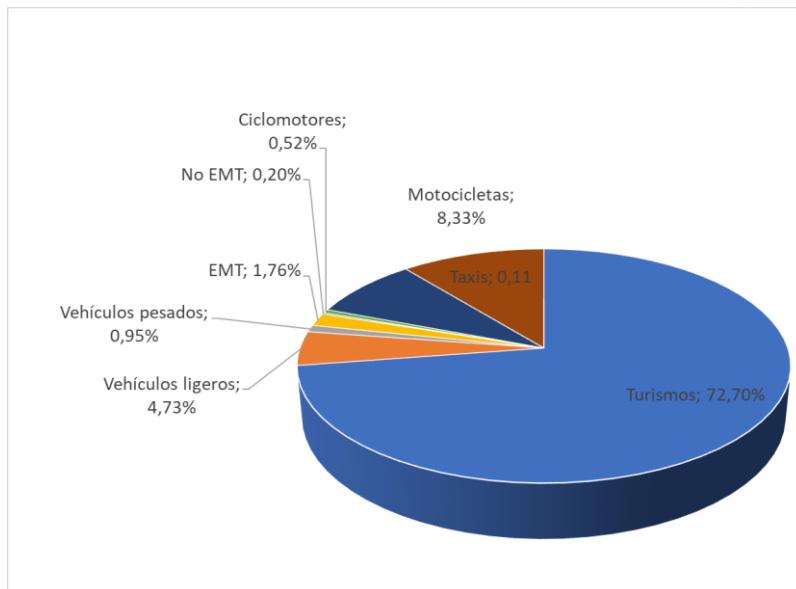


Figura 11. Distribución de los vehículos circulantes en la zona A

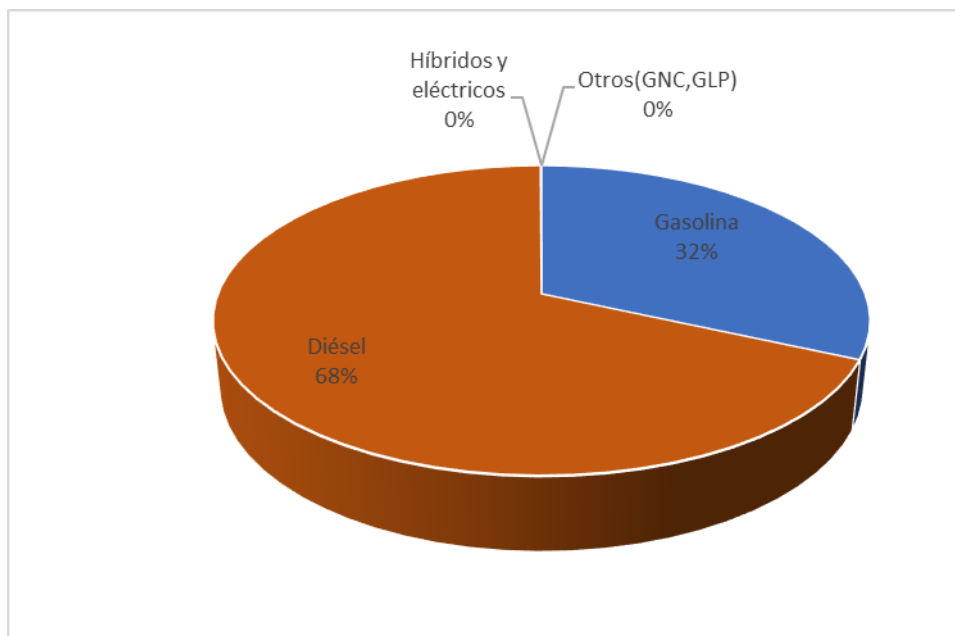


Figura 12. Distribución de los turismos por combustibles en el municipio de Madrid

El número de turismos en el municipio de Madrid es el más relevante dentro de todos los vehículos. Dentro de esta gran cantidad el 31.69% son de gasolina, el 68.25% funcionan con diésel y el 0.05% son híbridos y eléctricos. Estas proporciones son preocupantes a nivel medioambiental.

Es cierto que los coches eléctricos e híbridos están cada día más presente en nuestras vidas, aunque aún les queda un largo camino para introducirse en la vida de todos los ciudadanos. Las ayudas y medidas que propone el ayuntamiento podrían ayudar a hacer que esta brecha entre los tipos de turismos sea cada vez más pequeña.

3.3 CONSUMO ENERGÉTICO

A pesar de que gran parte de las partículas que se encuentran en el aire provienen de los vehículos, hay otros factores que también contribuyen a la polución.

Para ello, vamos a fijarnos en el consumo energético de la ciudad de Madrid, en las fuentes energéticas en las que se basa cada sector y en la contaminación que supone cada uno de ellos.

Basándome en datos del *Balance Energético del municipio de Madrid 2015* podemos comprobar como el sector RCI, Residencial, Comercial e Institucional tiene como mayor fuente energética la electricidad con un 52.82 %. Debido a que el uso de la electricidad no contamina en el lugar de su utilización, sino en el lugar de su generación, debemos intentar colaborar a que esta cifra aumente paulatinamente con la colaboración de todos los ciudadanos.

Otro dato destacable es el 40.37 % de consumo total de productos petrolíferos (PP) en la capital. Este dato puede llegar a ser preocupante ya que es la mayor fuente energética, pero si comparamos este dato con datos de años anteriores, como, por ejemplo, un 43.35% en 2006, podemos comprobar cómo ha bajado en los últimos años.

En oposición a los productos petrolíferos, encontramos en 34.05 % de consumo de electricidad. Si lo comparamos, a su vez, con el gasto que hubo en 2006, un 31.50 %, comprobamos como la utilización de la electricidad es cada vez más común.

Este paulatino cambio ayuda a reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera, porque, como se ha comentado antes, el uso de la electricidad no emite sustancias en el lugar que se utiliza.

	RCI	Industrial	Transporte rodado	Otros modos de transporte	Tratamiento de residuos urbanos	Tratamiento de aguas residuales	TOTAL
Biomasa	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
Gas natural	35.30	57.55	3.72	0.00	0.00	0.00	23.43
PP	9.65	5.38	93.19	71.34	2.45	0.00	40.37
Biocarburantes	0.00	0.00	3.09	0.00	0.00	100.00	0.93
Electricidad	52.82	37.07	0.00	28.66	97.55	0.00	34.05
Carbón	1.12	0.00	28.66	0.00	0.00	0.00	0.62
Solar térmica	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
Geotérmica	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Hidrógeno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 6. Contribución de cada fuente energética al consumo de energía de cada sector (%) Año 2015

Si nos centramos en la distribución de cada fuente entre los diferentes ámbitos, es sencillo darse cuenta de que el sector RCI es el principal consumidor de la mayoría de estas fuentes, a excepción de los productos petrolíferos y los biocarburantes, cuyo principal sector consumidor es el transporte rodado.

Caracterización de Madrid y consumo energético

	RCI	Industrial	Transporte rodado	Otros modos de transporte	Tratamiento de residuos urbanos	Tratamiento de aguas residuales	TOTAL
Biomasa	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
Gas natural	82.45	12.79	4.76	0.00	0.00	0.00	100
PP	13.08	0.69	69.22	16.99	0.01	0.00	100
Biocarburantes	0	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100
Electricidad	84.92	5.67	0.00	8.10	0.45	0.86	100
Carbón	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
Solar térmica	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
Geotérmica	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
Hidrógeno	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
TOTAL	54.74	5.21	29.99	9.62	0.16	0.29	100

Tabla 7. Distribución porcentual del consumo de cada fuente energética

Capítulo 4 LISTADO DE PROBLEMAS

4.1 BICICLETAS

Actualmente, el número de usuarios que utilizan la bicicleta como medio de transporte diario es escaso, lo que se debe a diversos factores. Por una parte, la falta de carril bici en algunos puntos de la capital puede afectar a nuestra ruta y hacerla más incómoda y desagradable. Debido a este inconveniente, se están instalando más vías aptas para bicicletas en la capital, pero para ello se están eliminando carriles enfocados a los vehículos privados, lo que supone el descontento de los habitantes que sólo hacen uso del carril eliminado y no se benefician de la nueva vía para bicicletas.

En la ciudad existe un sistema de alquiler de bicicletas eléctricas que cuenta con 2028 bicicletas y 165 estaciones con 4116 anclajes. Son una gran oportunidad para los ciudadanos que no son poseedores de este medio de transporte o no encuentran un sitio adecuado para estacionarla en el centro de la ciudad.

Se puede decir que el número de usuarios que usan la bicicleta ha aumentado gracias a la disponibilidad de este sistema, pero aún siguen siendo pocos los ciudadanos que apuestan por este medio para desplazarse.

4.2 TRANSPORTE PÚBLICO

Otra forma de reducir el uso de los vehículos privados es mediante el uso de transporte público como el metro o el autobús. La utilización de estos medios de transporte aumenta gradualmente, sin embargo, mientras la flota de autobuses de la capital no emita cero emisiones, se estará contaminando el aire de la ciudad.

Madrid se enfrenta en el transporte público al reto de reducir el tiempo necesario para llegar al destino, al igual que a la mejora de las combinaciones para que los ciudadanos opten cada vez más por usar este medio para desplazarse, sobre todo por el centro de Madrid.

En la actualidad, gran parte de los ciudadanos que residen en zonas de la periferia no cuentan con transporte público que suponga una opción frente al uso del vehículo privado debido a que duplica el tiempo que deben pasar hasta llegar a su destino. Si se proponen nuevas rutas para facilitar el movimiento de estos ciudadanos, habrá que concienciar a los habitantes para que hagan uso de él y de esa manera poder invertir en nuevas zonas.

4.3 FLUIDEZ DEL TRÁFICO

A pesar de todos estos inconvenientes, el principal problema es el gran uso de vehículos privados que emiten emisiones contaminantes. La libertad que da ser poseedor de un vehículo y llegar a cualquier sitio en cuestión de minutos es un gran lujo del que vamos a tener que prescindir. Cada vez más personas hacen uso del coche para ir a trabajar o a estudiar diariamente lo que ha provocado que en los últimos años, el aire esté cada vez más contaminado y se den episodios de alta contaminación.

Por otro lado, la poca fluidez con la que se cuenta, sobre todo, en hora punta, hace que aumente el tiempo de conducción. Los conductores son cada vez más irritables y son más propensos a cometer infracciones como por ejemplo parar en doble fila o provocar frenazos en los otros vehículos. Estas acciones hacen que la fluidez no sea la necesaria para el gran volumen del tráfico.

Haciendo alusión al centro de la ciudad, muchos coches se encuentran buscando aparcamiento, lo que supone alargar su ruta teniendo conductores más pendientes de encontrar una plaza libre que de los peligros que pueda haber en la

vía como son un peatón cruzando o la reducción de velocidad del coche situado delante.

Además, también en las zonas céntricas se han eliminado carriles para hacer carriles para bicicleta, lo que dificulta la conducción y provoca que el tráfico de la zona sea más denso de lo que era antes.

Haciendo referencia a las vías de acceso a la capital, los carteles informativos dan siempre la misma información, avisando de retenciones incluso si no las hay en ese momento. Esta información no es en tiempo real y puede perjudicar al tráfico de la zona.

4.4 ZONAS DE CARGA Y DESCARGA

Hay habilitados ciertos espacios para llevar a cabo la acción de carga y descarga sin tener que estacionar los vehículos en doble fila, sin embargo, hay zonas en las que estos espacios se encuentran a gran distancia de las empresas que necesitan hacer uso de ellos. Esto provoca que grandes camiones y furgonetas paren en la vía obligando al resto de vehículos a adelantarlos haciendo maniobras peligrosas. En el caso de los autobuses, invaden el carril contiguo o incluso los dos carriles contiguos debido a su largura.

4.5 COCHES ELÉCTRICOS

Debido a que muchos ciudadanos pueden optar por el coche eléctrico, hay que facilitar que el desplazamiento se produzca sin interrupciones. Actualmente la autonomía de los coches propulsados mediante esta fuente puede llegar a ser escasa por lo que las personas que vivan lejos de la capital, pero necesiten acceder a ella cada día, verán esta deficiencia como un inconveniente.

4.6 CONTAMINACIÓN

El problema más presente hoy en día, es la mala calidad del aire que afecta negativamente a la salud de todos los ciudadanos. En el último periodo se han superado en numerosas ocasiones y en diferentes estaciones de medición, los límites propuestos por la Organización Mundial de la Salud, así como los impuestos por la Unión Europea.

Capítulo 5 ESTUDIO DE PROYECTOS

SIMILARES EN OTROS LUGARES

5.1 LONDRES

La contaminación en la capital inglesa es un tema de gran relevancia dado a que cada vez hay más consultas médicas por problemas respiratorios. El alcalde, Sadiq Khan ha desarrollado un minucioso plan con el cual pretende un objetivo final de una ciudad sin CO2.

Esta estrategia contiene diversos objetivos y medios que pueden inspirar a Madrid con su objetivo de reducir la polución y hacer la movilidad más dinámica e inteligente.

5.1.1 ZONAS DE LONDRES Y OBJETIVOS FINALES

Actualmente existen dos tasas que deben pagar los vehículos en el centro de Londres. La tasa de atascos es la primera de ellas, con una cuantía de casi 13 euros diarios. A ésta, se le suma la tasa de contaminación que asciende a algo más de 11 euros también diarios, puesta en marcha el pasado octubre y que deben abonar los vehículos contaminantes. Se puede decir que conducir por el centro de la ciudad es un lujo que hace falta pagar.

Aunque la zona actual de pago se centre solo en el centro de la capital inglesa, está previsto un importante aumento de la región en 2020 para los camiones y autobuses contaminantes. A su vez, en 2021 se llevará a cabo una ampliación del perímetro para turismos y motocicletas, aunque no en la misma medida que el anterior. Estos futuros cambios se pueden observar en la siguiente imagen.

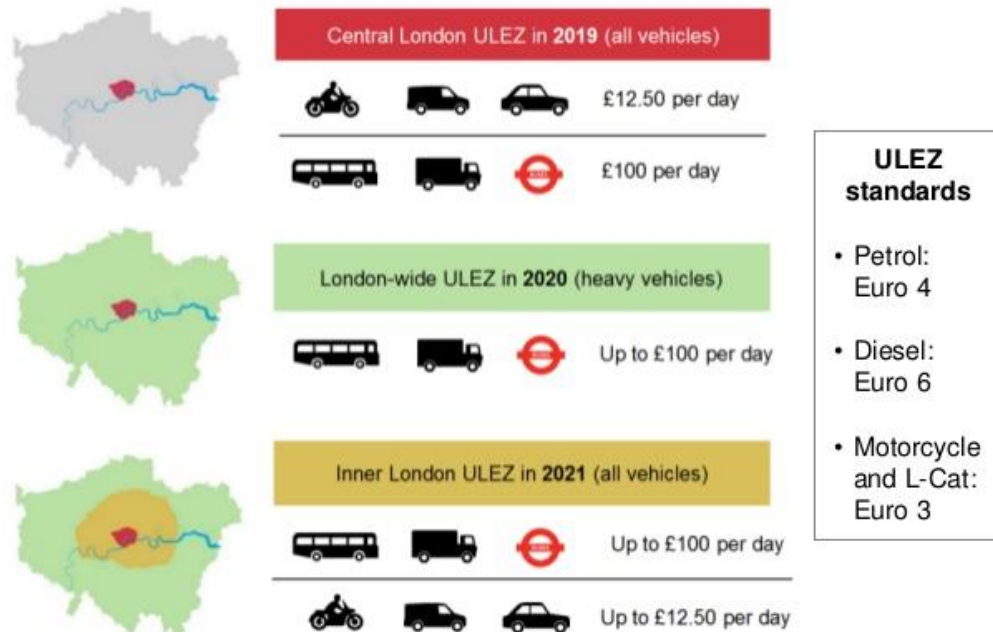


Figura 13. Futuros impuestos de circulación en Londres

El objetivo final de los cambios que se están llevando a cabo es el de conseguir una ciudad con cero emisiones en el año 2050. Para poder llegar a él, hace falta la colaboración de todos los ciudadanos, lo que están consiguiendo gracias a la concienciación.

5.1.2 SMART PARKING

A su vez, se ha puesto en marcha un sistema de aparcamiento inteligente en la calle. Este sistema consiste en unos sensores en el suelo que detectan si hay algún coche estacionado. También contiene una aplicación que informa en tiempo real de la situación general y de las plazas libres que hay. Este nuevo sistema evita que un gran número de coches estén dando vueltas por las calles en busca de un sitio donde aparcar, reduce la contaminación y los accidentes por ir a una velocidad reducida a la vez que hace que disminuya la cantidad de vehículos parados en doble fila.

5.1.3 TRANSPORTE PÚBLICO

5.1.3.1 Flota de autobuses

El transporte público es esencial para rebajar la polución presente en el aire de la capital inglesa. Por esta razón, se ha propuesto como principal objetivo contar con una flota de autobuses que emita cero emisiones para el año 2037. A su vez, se irán llevando a cabo distintas acciones para facilitar este objetivo.

Para empezar, a partir de 2020 solo se adquirirán autobuses simples eléctricos o de hidrógeno. La misma medida se llevará a cabo para los autobuses de dos plantas en 2025. Por otro lado, en el centro y exteriores de la ciudad se irá incrementando el porcentaje de autobuses eléctricos y de hidrógeno. Dichas propuestas vienen reflejadas en la siguiente tabla.

Con objeto de hacer el uso del transporte público más cómodo y eficiente, han creado la tarjeta Oyster. Se trata de una tarjeta recargable que puede ser usada para metro, autobús o tranvía. Este gran cambio hace que se pueda usar cada día el medio que más convenga para realizar el desplazamiento sin estar sujetos a sólo uno de los medios de transporte.

		Presente	2020	2025	2030	2035	2037
Adquisición y modernización de autobuses		Adaptación de los autobuses dobles existentes a los estándares Euro V	TfL comprará solo autobuses simples eléctricos o propulsados por hidrógeno	TfL comprará solo autobuses de doble piso eléctricos o propulsados por hidrógeno			
Flota de autobuses en el centro de Londres			100% Eléctricos o de hidrógeno			80% eléctricos o de hidrógeno	Todos los autobuses de TfL
Flota de autobuses en el interior y el exterior de Londres			100% Euro VI estándar como mínimo	50% eléctricos o de hidrógeno	90% eléctricos o de hidrógeno	Todos eléctricos o de hidrógeno	eléctricos o de hidrógeno
			Más del 85% híbridos, eléctricos o de hidrógeno	60% híbridos; 40% eléctricos o de hidrógeno	20% híbridos; 80% eléctricos o de hidrógeno		

Tabla 8. Programa de renovación de autobuses de Londres

5.1.3.2 Taxis

Actualmente en la capital, la mayoría de los taxis que están en circulación son propulsados por tecnología diésel, lo que empeora considerablemente la calidad del aire que respiran los ciudadanos londinenses. Por ello, el alcalde ha impuesto unas normas que habrán de cumplir todos los vehículos pertenecientes a este gremio.

Para comenzar, a partir de 2018, todas las nuevas licencias serán para los coches con cero emisiones. Para estimular esta medida proporcionará incentivos financieros.

Lo que se quiere conseguir gracias a este cambio es un mínimo de 9000 taxis sin emisiones en 2020.

5.1.3.3 Coches con conductor de alquiler

Los coches con conductor de alquiler forman parte de un sector que se encuentra en un permanente auge. Debido al reciente aumento en el número de licencias, es importante centrarse en ellos a la hora de reducir la contaminación que sufre esta gran ciudad.

Teniendo en cuenta que hay un límite de diez años de circulación para los coches, se han propuesto dos medidas para rebajar la polución. La primera que a partir de 2020 todos los coches nuevos que tengan menos de 18 meses tendrán que ser cero emisiones, y los que tengan más de 18 meses, tendrán que ser cero emisiones a partir de 2023.

5.2 PARIS

La capital francesa ha sufrido graves episodios de contaminación en los últimos años, por ello la alcaldesa ha puesto en marcha medidas para rebajar el nivel de polución, que afecta gravemente a los ciudadanos. Estos niveles provocan problemas de salud, principalmente respiratorios y hacen que el nivel de vida, así como, la calidad de ésta, sean menores. Un estudio ha revelado que se podría aumentar hasta en dos años la vida de los habitantes de París limpiando el aire que respiran.

Por las ya nombradas razones médicas, y las también presentes, medioambientales, se han llevado a cabo ciertas acciones en la ciudad.

En primer lugar, París espera eliminar los coches de gasolina para 2030, límite que la alcaldesa aumentó desde 2024 al ver su imposibilidad para llevarlo a cabo. Pero esta medida no se va a realizar de forma repentina, sino paulatinamente. Para facilitar el control de automóviles que circulan por el centro, se han puesto en circulación unas etiquetas formadas por seis niveles de contaminación. Son de uso obligatorio y miden el nivel de contaminación de cada vehículo.

Después de restringir el paso por el centro de la capital, el ayuntamiento da soluciones a los ciudadanos para que usen otras vías de transporte como es el transporte público. Para incentivarlo, la alcaldesa ha realizado un pedido de 1000 autobuses eléctricos ya que tiene como objetivo una flota 100% ecológica para 2025. Es una manera de reducir considerablemente la polución a la vez que se da ejemplo a los ciudadanos para que se sumen a la iniciativa de los vehículos eléctricos.

La policía también ha optado por el medioambiente y ha empezado a patrullar con 13 nuevos vehículos eléctricos.

No todas las medidas implican cambiar la gasolina o el gasoil por un motor con cero emisiones. El ayuntamiento ha trabajado para tener calles cero emisiones

eliminando el paso de vehículos por ellas, peatonalizándolas. Es un ejemplo la orilla derecha del Sena, que ha bajado un 25% la polución del aire en ella dejando ver que hacer las calles solo aptas para peatones es una gran medida a favor de la calidad del aire.

En esta peatonalización, se incluyen las bicicletas, un transporte cómodo y con cero emisiones. París ya cuenta con una red de alquiler de bicicletas y tiene como objetivo duplicar la red de carriles bici para el año 2020, de manera que sea más cómodo usar este transporte como medio habitual.

Otra opción podría usar el tranvía, que circulará por ambos lados del Sena a partir de septiembre de 2018.

Todas estas medidas ayudarán a reducir la contaminación de la ciudad y contribuirán a que la calidad del aire que se respira en la ciudad sea mejor, pero no es posible eliminar los vehículos del centro en un periodo corto de tiempo. Por ello se han instalado unas columnas de agua con microalgas en algunas zonas. Estas columnas limpian el aire que limpiarían cien árboles. De momento hay prototipos que se estudiarán durante seis meses, y si provocan un impacto en la zona, podrán ser instalados en otras zonas de la capital.

Además, para controlar el nivel de polución en cada una de las calles, se han colocado sensores en el techo de 300 coches eléctricos que tratarán de crear un mapa de contaminación de la ciudad. Así se podrá saber qué puntos son los más contaminantes y estudiar la razón para encontrar una solución.

Se puede comprobar como la ciudad de París está comprometida con la salud de los ciudadanos y con el medio ambiente, sin embargo, hay ocasiones en los que se producen situaciones de contaminación más alta de la aconsejada. En estos casos se aplica la circulación alterna en la que los coches con matrícula par circulan los días pares, y los coches con matrícula impar, circulan los días impares. Esta norma tiene numerosas excepciones como lo son los vehículos limpios, los

servicios de emergencia o los vehículos que colaboran por el buen funcionamiento de la ciudad.

Promoviendo las ciudades inteligentes, este año que viene circulará por París un taxi autónomo, diseñado por Navya. Tendrá un periodo de prueba y se pondrá a la venta en la segunda mitad del 2018.

Por último, señalar que París será la sede del Observatorio Mundial de la Contaminación del Aire (GUAPO), un proyecto que se encargará de recoger información de las grandes ciudades y de analizarla.

5.3 *BERLÍN*

Nos movemos hasta la capital que alberga gran parte del sector automovilístico, Berlín. Entre las medidas que han tomado para luchar contra la polución se encuentra la restricción de circulación por la zona más céntrica para los vehículos más contaminantes. Al igual que en París, se han dispuesto unas placas identificativas para los vehículos sin emisiones.

Mirando al futuro, el ayuntamiento se está planteando la gratuidad del transporte público en algunas zonas de la capital alemana. También invertirá mil millones de euros repartidos de la siguiente manera. 350 millones irán destinados a la compra de autobuses eléctricos, 150 millones se designarán para adaptar los motores de los autobuses públicos de diésel para reducir sus emisiones, y, 500 millones se usarán para digitalizar el tráfico.

Además, el ayuntamiento promueve activamente la bicicleta como medio de transporte que ya usa gran parte de los ciudadanos, aunque aún no el número necesario para mejorar la calidad del aire.

Por otro lado, en Berlín, recientemente se puso en marcha un autobús eléctrico e inalámbrico. A la hora de cargar la batería no necesita parar en una estación de carga para tener energía, sino que cada vez que el autobús se para, el

autobús se recarga. Una placa magnética obtiene energía de otra placa dispuesta debajo del asfalto.

Capítulo 6 ESTUDIO DE LAS MEDIDAS DEL PLAN A Y PROPUESTA DE SOLUCIONES

6.1 TURISMOS

- Aumento de las Áreas de Prioridad Residencial (APR).

Actualmente, existen cuatro áreas de prioridad residencial. Con esta medida se pretende favorecer a los peatones, transporte público, bicicletas y vehículos no contaminantes. Debido a que el número de turismos en estas zonas se ha reducido considerablemente, se va a llevar a cabo su expansión a diferentes áreas.

- Rediseño de las vías de conexión periferia-centro.

Sin embargo, las vías en las que encontramos más vehículos privados son en las de conexión periferia-centro. Estas calles se han rediseñado para darle más importancia a los autobuses y a los medios de transporte sin motor. Por ello se eliminarán las zonas azules y se disminuirán las verdes, aumentando las aceras y creando nuevos carriles bici.

Esta disminución de los aparcamientos tendrá un efecto disuasorio a la hora de ir en coche a la capital. Irá aumentando dado a que, en 2020, a los vehículos sin el distintivo ambiental o no residentes no les será permitido aparcar en el centro, y para el transporte no contaminante hacerlo les resultará más barato que a los demás.

- Limitación de la velocidad en accesos urbanos

La velocidad máxima será reducida a 70 km/h en algunas vías de acceso a la M-40 frenando el uso de estas para la movilidad entre las zonas exteriores de Madrid.

- Creación de aparcamientos

Para impulsar el uso del transporte público para acceder a la ciudad, se instalarán aparcamientos en el exterior de la M-30 que podrán ser usados de manera gratuita por los residentes. Por otro lado, existe un plan de creación de aparcamientos en las inmediaciones de las distintas líneas de metro, cercanías y autobuses. Estos aparcamientos no tendrán ningún coste para los poseedores de un título de transporte.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Estudio de las medidas del Plan A y propuesta de soluciones

Denominación	Situación	Distrito	Conexión			
			Vía	Cercanías	Metro	Bús
1	Pitis c/ Gloria Fuertes	Fuencarral – El pardo	M-40	Pitis C-10	Pitis L-7	49
2	Paco de Lucía c/ Monasterio de el Pular			Mirasierra C-10	Paco de Lucia L-9	134 178
3	Fuente de la Mora c/ Dulce Chacón nº15			Hortaleza	Fuente de la Mora c-7 c-10	Fuente de la Mora ML-1
4	Valdebebas Avda. Fuerzas Armadas/ Gta. Antonio Perpiñá	Barajas	M-11	Valdebebas c-1	-	171
5	Canillejas Avda. de Logroño con Avda. de América	Hortaleza	A-2	-	Canillejas L-5	77 101 105 114 115 140 151 200
6	Estadio Olímpico Avda. de Arcentales s/n	San Blas		-	Estadio Olímpico L-7	-
7	Santa Eugenia Av. De Santa Eugenia s/n	Vallecas Villa	A-3	Santa Eugenia C-2 C-7	-	58 63 145
8	San Cristóbal Avda. de Andalucía	Villaverde	A-4	-	San Cristóbal L-3	79
9	Villaverde Alto c/ Domingo Párraga		A-42	Villaverde Alto C-5	Villaverde Alto L-3	22 79 141
10	Villaverde Bajo Cruce c/ Santa Petronia on Avda. de Andalucía		A-4	-	Villaverde Bajo Cruce L-3	18 22 59 79 85 116 123 130
11	Aviación Española c/ Fuente de Lima	Latina	A-5	Las Águilas	Aviación Española L-10	39
12	Colonia Jardín Ctra. Carabanchel a Aravaca c/ Sanchidrián		M-502 M-511	-	Colonia Jardín L-10 ML 3/10	65

Tabla 9. Programa de aparcamientos disuasorios propuesto por el Plan A

A su vez, se hará un nuevo software que informe del estado de los distintos aparcamientos.

6.2 PEATONES

- Mejora de la seguridad

Es importante que los niños y las personas mayores no sientan peligro a la hora de caminar por la ciudad. Para conseguirlo, se podrán en marcha zonas de velocidad máxima 30 km/h en los bulevares de Madrid. También se instalarán badenes tipo cojín berlinés que pueden ser evitados por autobuses y vehículos de dos ruedas al no ocupar toda la calzada.



Figura 14. Badén tipo cojín berlinés

- Recuperación de aceras

Como se ha mencionado anteriormente, se van a eliminar zonas de aparcamiento para aumentar el tamaño de las aceras. Se van a incrementar las zonas verdes y los aparcamientos de motocicletas para evitar que estén estacionadas en la acera.

6.3 BICICLETA

- Aumento de la red ciclista

Aunque existen muchas vías en las que ya hay carriles específicos para las bicicletas, su aumento para conseguir que realicemos la totalidad del trayecto usando este tipo de vías es una gran ventaja para los ciclistas.

- Ampliación del sistema de bicicletas públicas

Desde que esta red se instauró en Madrid, el uso de este medio de transporte a incrementado. Debido a ello y dado a que se va a limitar el uso del vehículo privado por la ciudad, la demanda de estas bicicletas aumentará. A su vez, se está intentando llegar a un acuerdo con el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, ya que la inclusión de los distintos tipos de transporte público en una misma tarifa hará más cómodo su uso para los ciudadanos.

6.4 AUTOBUSES

- Renovación y ampliación de la flota de autobuses

Se busca que estos vehículos sean eléctricos o propulsados por gas natural comprimido y que la totalidad de la flota tenga la clasificación CERO o ECO antes de 2025. Crearán más puestos de carga dado al aumento de autobuses eléctricos en los próximos años.

- Aumento carril bus

En las vías que haya mucha actividad automovilística se hará uso de carriles bus con el objetivo de reducir el tiempo de cada trayecto. Además, se le dará prioridad semafórica a los autobuses que vayan con retraso.

6.5 TAXIS

- Renovación de la flota

Para ello, el Ayuntamiento aportará subvenciones a los conductores que cambien su coche por uno con etiqueta CERO o ECO, de hecho, a partir de 2018 solo se autoriza la sustitución del vehículo por uno con esta identificación. Esta medida ayuda a que se cumpla el verdadero objetivo, en 2025 solo los taxis CERO o ECO podrán prestar servicio.

- Optimización del servicio

Hoy en día es cada vez más común pedir taxis mediante aplicaciones o por teléfono. Por ello se van a incentivar estos medios con la intención de evitar los viajes en vacío. A su vez, se aumentarán el número de paradas y la cantidad de vehículos en ellas.

Por otro lado, se mejorará el servicio optimizando los recorridos poniendo en marcha la autorización de diversos giros y vías que acorten los viajes ofreciendo un mejor servicio para los clientes.

6.6 CARGA Y DESCARGA

- Gestión de zonas de carga y descarga

Actualmente, no se está haciendo un uso correcto de estas zonas por lo que es necesario realizar un registro de todos los vehículos que se dedican a ello y la habilitación de acceso para los registrados. De manera que estos cambios sean cómodos para los trabajadores se pondrá en marcha una aplicación que ayudará a saber si hay espacio para realizar la actividad de carga y descarga a tiempo real. Además, dará información al Ayuntamiento de la utilización de estas zonas, así como de las nuevas necesidades que surjan a lo largo del tiempo.

- Impulso vehículos bajas emisiones

De manera que se logre reducir las emisiones, se dará preferencia de acceso a estas zonas a vehículos no contaminantes y se irá restringiendo su utilización en los próximos años como podemos comprobar en las siguientes tablas.

(a) Vehículos a motor destinados al transporte de mercancías con masa máxima autorizada no superior a 3.500 kg.

Distintivo ambiental DGT	Desde 2018	Desde 2020	Desde 2022
CERO	Horario extendido de reparto	Horario extendido de reparto	Horario extendido de reparto
ECO	Horario extendido de reparto	Horario extendido de reparto	Horario extendido de reparto
C	Horario estándar	Horario estándar	Horario estándar
B	Horario estándar	Horario estándar	NO ACCESO
Sin distintivo	Horario estándar	NO ACCESO	NO ACCESO

Tabla 10. Restricciones de transporte de mercancías de vehículos de masa menor de 3500 kg

(b) Vehículos a motor con al menos cuatro ruedas destinados al transporte de mercancías con masa máxima autorizada comprendida entre 3.500 kg y 12.000 kg.

Distintivo ambiental DGT	Desde 2018	Desde 2023	Desde 2025
CERO	Horario extendido de reparto	Horario extendido de reparto	Horario extendido de reparto
ECO	Horario extendido de reparto	Horario extendido de reparto	Horario extendido de reparto
C	Horario extendido de reparto	Horario estándar	Horario estándar
B	Horario estándar	Horario estándar	NO ACCESO
Sin distintivo	Horario estándar	NO ACCESO	NO ACCESO

Tabla 11. Restricciones de transporte de mercancías de vehículos de masa mayor de 3500 kg

6.7 SERVICIOS MUNICIPALES

- Renovación de servicios municipales

Aunque no se trate de un porcentaje alto, el Ayuntamiento debe dar ejemplo a los ciudadanos con los siguientes objetivos.

- Antes de 2020 -> CERO o ECO en el 75% de los vehículos <3500 kg y el 60% de los vehículos >3500 kg.
- Antes de 2030 -> CERO o ECO en el 90% de los vehículos <3500 kg y el 80% de los vehículos >3500 kg.

6.8 MOVILIDAD LABORAL

- Convenios y acuerdos

6.9 IMPULSO A LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

- Aumento puntos de carga

Los coches eléctricos no tienen la misma autonomía que los vehículos propulsados por gasolina o gasoil, por lo que el aumento de puntos de carga en la capital conseguirá que los usuarios se decidan cada vez más por este medio de transporte.

6.10 CAR SHARING

- Impulso a la iniciativa

A pesar de tratarse de empresas privadas, es una solución que ayuda a reducir el número de vehículos en Madrid y no supone emisiones extra al tratarse de coches y motocicletas eléctricas. El Ayuntamiento pretende crear convenios y ayudas para que el uso del coche compartido sea cada vez más común.

Una vez nombrados los problemas a los que se enfrenta la ciudad debido al gran número de vehículos contaminantes que circulan por ella y las principales medidas que pretende llevar a cabo el Ayuntamiento, comprobaremos en qué grado estas medidas solucionan dichas complicaciones.

La bicicleta es un medio de transporte no contaminante, por ello, en Madrid se está haciendo cada vez más cómodo desplazarse en ella. Debido a la escasez de

carriles bici, se están creando cada vez más, sobre todo por el centro de la capital. Sin embargo, hasta que se pueda efectuar el camino completo haciendo uso de estas vías, no será totalmente cómodo viajar en bicicleta debido a los peatones. Por otro lado, para poder tener espacio para los carriles, se están eliminando aparcamientos o carriles anteriormente destinados a turismos que lleva al descontento de los vecinos y ciudadanos al limitar cada vez más el desplazamiento en coche privado.

Con respecto al sistema de alquiler de bicicletas BiciMad, se está trabajando en un convenio con el sistema de transporte público, de manera que se integren y sea más cómodo para los usuarios. Si se lleva a cabo este acuerdo, hará falta incorporar más bicicletas en el sistema.

Otro gran porcentaje de la contaminación es debido a los autobuses públicos. Ya se está trabajando en la renovación de la flota a vehículos ECO o CERO para el año 2025. La realización de este cambio supone lograr que la polución por parte de este medio de transporte sea mínima.

Sin embargo, el principal problema al que se enfrenta la ciudad de Madrid es el número de turismos que circulan por ella y por sus alrededores. Para resolverlo, el Ayuntamiento ofrece ayudas para los usuarios que decidan cambiar su coche por uno con el reconocimiento ECO. A su vez, la prohibición de circular por las calles del centro será cada vez más presente.

Pero no toda la contaminación procedente de estos vehículos viene de los que están en la capital, también producen una gran cantidad de gases los que se encuentran en la periferia. Por ello se instalarán aparcamientos en las principales estaciones de metro, autobús y cercanías de las afueras de Madrid. Con esta medida se pretende reducir el número de turismos que entran en la capital o que se desplazan desde distintas zonas a las principales entradas a la ciudad.

Principalmente, las medidas propuestas por el Plan A se dirigen a limitar el uso del vehículo privado, aceptándolo sólo si es eléctrico, es decir, no contaminante. Puede parecer una solución eficaz para mejorar la calidad del aire que se respira en

la ciudad, sin embargo, muchos ciudadanos dependen del coche para ir a trabajar o estudiar. El transporte público no está desarrollado en su totalidad y eso lleva al descontento de la población como asegura el estudio realizado por el Instituto de Investigaciones de Mercado y Marketing Estratégico Ikerfel por encargo de RACE.

En el estudio se realizan entrevistas a 1800 conductores y no conductores sobre distintos aspectos de movilidad en Madrid.

Entre las conclusiones se pueden destacar ciertas opiniones con respecto al Plan A presentado por el ayuntamiento.

Para comenzar, la valoración global del Plan A es de un 6.13, valoración que disminuye a 5.53 una vez los entrevistados han reflexionado sobre las medidas propuestas. A su vez, los conductores que tienen que acceder a Madrid diariamente creen que el plan supondrá un aumento del tráfico en las vías de acceso, así como del tiempo necesario para el desplazamiento.

Por otro lado, si esta población hiciera uso del transporte público, tardaría más del doble en realizar el mismo trayecto, lo que supone un inconveniente para la mayoría. Esto es debido a la mala comunicación con ciertas poblaciones o a la mala comunicación que hace que el número de trasbordos aumente.

Ante esta situación, cinco de cada diez conductores se plantearían compartir el coche para reducir el parque circulante y ayudar en contra de la contaminación, sin embargo, solo dos de cada diez usuarios lo practican habitualmente.

Por último, cinco de cada diez conductores aseguran que será perjudicial restringir el tráfico en el centro de la capital ya que el nivel de trabajo de la capital disminuirá, así como los comercios que se encuentren en la zona.

Por todo ello, la búsqueda de soluciones alternativas a la eliminación del vehículo son un tema de gran actualidad. La propuesta de la tecnología para tener una ciudad cada vez más inteligente puede ayudar en gran medida a este propósito.

Capítulo 7 MEDIDAS TECNOLÓGICAS

7.1 APARCAMIENTO INTELIGENTE

7.1.1 MAPA SER

En el Servicio de Estacionamiento Regulado se pueden distinguir hasta cuatro tipos de plazas distintas que tienen diferentes normas a la hora de su uso.

- Plazas verdes

En estas plazas los usuarios que cuenten con una autorización pueden aparcar sin ningún límite de tiempo, mientras el resto de usuarios pueden hacerlo con un límite de dos horas, teniendo en cuenta que no pueden volver a aparcar en el mismo barrio hasta que haya transcurrido una hora.

- Plazas azules

Pueden ser utilizadas por cualquier usuario por un máximo de cuatro horas con la misma condición de no poder aparcar en el mismo barrio hasta transcurrida una hora. Los usuarios que cuenten con autorización pueden hacer uso de estas plazas de 20:00 a 21:00.

- Ámbito Diferenciado de Establecimientos Sanitarios

Pueden ser utilizadas por cualquier usuario durante un máximo de cuatro horas.

- Ámbito diferenciado de Larga Estancia

Pueden ser utilizadas por cualquier usuario durante un máximo de doce horas.

En total, hay 153.321 plazas de estacionamiento, donde el 81% pertenece a plazas verdes, el 18.8% a zonas azules y el 1.2% pertenece al resto de ámbitos.

Es clara la diferencia que existe entre las diferentes zonas, habiendo una superioridad de plazas para residentes. Esta brecha es existente en todas las zonas, pero se agrava en la zona 1 que comprende los barrios Palacio, Embajadores, Cortes, Justicia, Universidad y Sol. En la siguiente imagen, con números 11, 12, 13, 14, 15 y 16 respectivamente. Las plazas verdes suponen el 93.3% mientras que las azules solo el 6.7%.

Ésta es una zona claramente turística y comercial que obliga a que los ciudadanos no residentes en ellas a hacer uso del transporte público sin la posibilidad de usar un vehículo privado. Es una manera de evitar que los ciudadanos accedan a dicha zona en coche.

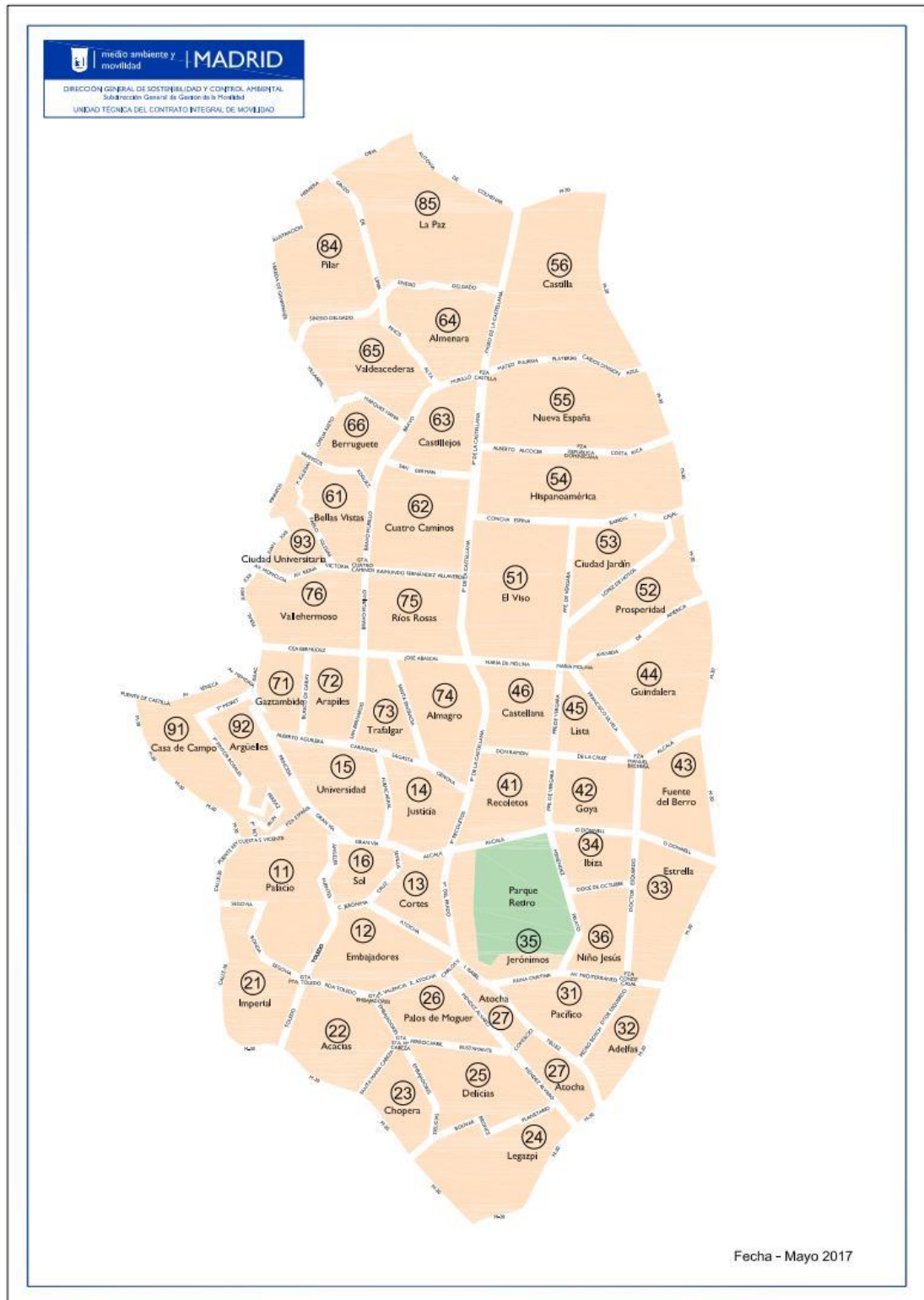


Figura 15. Mapa de la zona SER de Madrid

7.1.2 TARIFAS ZONA SER

Dentro de los distintos barrios que conforman el SER hay un número de ellos que se encuentran dentro de la Zona de Bajas Emisiones (ZBE). Estos son Embajadores, Cortes, Justicia, Universidad, Sol, Palos de Moguer, Pacífico, Ibiza, Jerónimos, Niño Jesús, Recoletos, Goya, Lista, Castellana, El Viso, Cuatro Caminos, Castillejos, Arapiles, Trafalgar, Almagro y Ríos Rosas.

Hace falta distinguir entre plazas azules y verdes a la hora de hablar del coste del aparcamiento. En el ámbito de larga estancia la hora cuesta 0.50€ hasta el máximo de doce horas. En las plazas azules, el minuto tiene más coste cuanto más tiempo hagamos uso del aparcamiento siendo el máximo 8.20€ por cuatro horas. Además, si la plaza está en una zona de baja emisiones, el precio incrementará siendo 8.40€.

Por otro lado, en las plazas verdes, aparcar tiene un coste de 4.10€ por las dos horas máximas, siendo este precio mayor en las zonas de bajas emisiones.

7.1.3 REDUCCIONES

Según el distintivo de la DGT y para incentivar el uso de los vehículos cero emisiones o ECO, se aplicará un descuento en el precio a pagar de dichos vehículos.

En la siguiente tabla se puede observar qué vehículo pertenece a cada grupo y la reducción aplicada.





Etiqueta	Vehículos en función de las emisiones	Reducción	Recargo
<p>Cero emisiones</p> 	<p>Ciclomotores, triciclos, cuadriciclos y motocicletas; turismos; furgonetas ligeras, vehículos de más de 8 plazas y vehículos de transporte de mercancías clasificados en el Registro de Vehículos de la DGT como vehículos eléctricos de batería (BEV), vehículo eléctrico de autonomía extendida (REEV), vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV) con una autonomía de 40 kilómetros, o vehículos de pila de combustible.</p>	100%	
<p>ECO</p> 	<p>Turismos, furgonetas ligeras, vehículos de más de 8 plazas y vehículos de transporte de mercancías clasificados en el Registro de Vehículos como vehículos híbridos enchufables con autonomía menor a 40 kilómetros, vehículos híbridos no enchufables (HEV), vehículos propulsados por gas natural comprimido o licuado (GNC y GNL), o vehículos de gas licuado del petróleo (GLP). En todo caso, deberán cumplir los criterios de la etiqueta C.</p>	50%	
<p>C</p> 	<p>Turismos y furgonetas ligeras de gasolina matriculadas a partir de enero de 2006 y diésel a partir de 2014. Vehículos de más de 8 plazas y de transporte de mercancías, tanto de gasolina como de diésel, matriculados a partir de 2014. Por tanto, los de gasolina deben cumplir la norma euro 4, 5 y 6, y en diésel la Euro 6.</p>	10%	
<p>B</p> 	<p>Turismos y furgonetas ligeras de gasolina matriculadas a partir del año 2000 y de diésel a partir de enero de 2006. Vehículos de más de ocho plazas y de transporte de mercancías, tanto de gasolina como de diésel, matriculados a partir de 2005. Por tanto, los de gasolina deben cumplir la normal Euro 3 y en diésel la Euro 4 y 5.</p>		
<p>A</p>	<p>Todos aquellos vehículos no recogidos en las anteriores etiquetas al no cumplir los requisitos para ser etiquetados como vehículos limpios. No cuentan distintivo de la DGT.</p>		25%

Tabla 12. Reducciones y recargos de los vehículos en la zona SER

7.1.4 PROBLEMAS DE LA ZONA SER

A pesar de que hay un gran número de plazas de aparcamiento en la capital, el número de vehículos autorizados es aún mayor, llegando a cuadruplicarlo. Por ello, una cantidad elevada de turismos se encuentran dando vueltas por las calles en busca de un sitio libre. Esta situación se puede catalogar como de riesgo ya que la atención del conductor no está centrada a la conducción en su totalidad. Por ello, es fácil no ver a un peatón cruzando o la disminución de velocidad del coche delantero, provocando un accidente.

Además, un tercio del tráfico por el interior de Madrid se debe a este tipo de vehículo buscando una plaza donde aparcar. La elevada cantidad de coches hace que el tráfico no fluya como es debido haciendo incómodo desplazarse en transporte privado. A su vez, los conductores que buscan aparcamiento reducen considerablemente su velocidad de manera que llegue a ser peligroso para los demás conductores.

Por otro lado, los conductores conducen una media de 4.5 Km extra solo para encontrar aparcamiento. Esta distancia añadida hace que la contaminación en la zona aumente y con ello, que disminuya la calidad del aire.

La solución al problema no está en eliminar los coches de la ciudad ya que esto supondría el descontento de los ciudadanos, sino en el uso de la tecnología para hacer un mejor uso de los recursos disponibles. Hablamos entonces de Smart Parking, un sistema de aparcamiento inteligente que ya ofrecen distintas empresas y ha sido implantado con excelentes resultados.

7.1.5 ELEMENTOS

El sistema inteligente de aparcamiento ayudaría a reducir el número de coches circulando por las calles más céntricas, así como el nivel de contaminación

en la zona y el número de accidentes. Consiste en la colocación de sensores que detectan cuando hay un coche aparcado y la utilización de dicha información para tener la situación en tiempo real en una aplicación disponible para todos los usuarios.

Se han realizado diversos estudios que miden el impacto de la implantación de este tipo de instalación en diversas ciudades. Entre los datos más relevantes, se encuentran la reducción de un 22% en los coches situados en doble fila y la disminución de un 8% en el volumen de tráfico³.

Respecto a los coches en doble fila, éstos suponen un claro obstáculo el lograr la fluidez necesaria para una ciudad como Madrid. Hacen que el tráfico de un carril se vea afectado y prácticamente inutilizado. Además, si un coche está parado y un autobús debe adelantarlo, tiene que invadir los carriles contiguos debido a su gran longitud. Este hecho provoca otra situación de riesgo en la ciudad que debemos evitar.

7.1.5.1 Sensores

El sensor que se usará será el Smart Parking Sensor Node creado por Libelium. El sensor detecta que hay un coche ocupando la plaza debido a la variación en el campo magnético que la masa de metal produce. Usando este método se consigue un 90% de fiabilidad dado a que hay coches que no producen la variación necesaria para que el sensor lo detecte por ello han desarrollado un nuevo método que incrementa la fiabilidad del sensor hasta un 99%.

Las señales de radiofrecuencia van perdiendo potencia debido a varios factores como puede ser la distancia. Uno de esos factores es la presencia de una

³ San Francisco Municipal Transportation Agency: SF park study, 2011. APCOA: Apcoa Parking Studie, 2013

gran masa metálica, un coche. El sensor hace uso de esta, a primera vista, desventaja, y la usa para cerciorarse de que, efectivamente, la plaza está siendo ocupada.

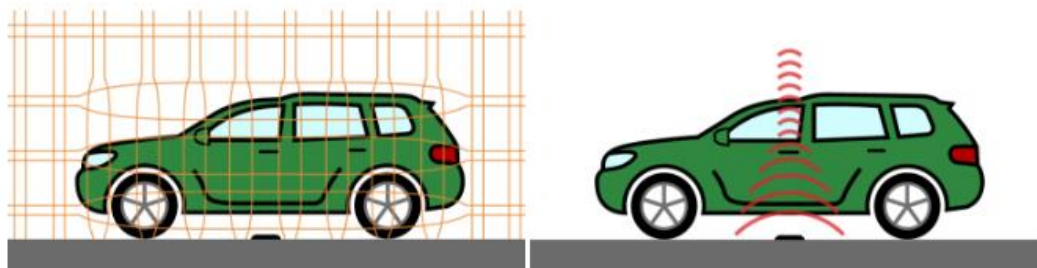


Figura 16. Ejemplo de funcionamiento del sensor

Especificaciones

- Compatibilidad con LoRaWAN y SigFox.
- Duración de entre 4 y 6 años
- Adaptabilidad de operar en la frecuencia europea.
 - SigFox radio en Europa: 868.0 a 869.7 MHz
 - LoRaWAN radio en Europa: 863.0 a 870.0 MHz

Además, cuenta con dos modos de funcionamiento diferentes según sea de día o de noche (day mode y night mode), es decir, depende de nivel de cambio que el sensor espera. Estos modos cuentan con diferentes parámetros configurables.

Parámetro	Configuración por defecto
Sleep Time	1 minuto
Keep Alive	0.5 horas
Night Mode start hour	22 horas
Nigh Mode duration	8 horas
Night Mode Sleep Time	5 minutos
Night Mode Keep-Alive	1 horas

Tabla 13. Parámetros configurables del sensor

El Sleep Time representa el tiempo de muestreo, mientras que el Keep Alive se refiere al tiempo que debe pasar hasta que el sensor mande una señal indicando que sigue funcionando y el estado de la batería. Este modo puede ser desactivado.

Como se observa en la tabla, ambos valores cambian en el night mode incrementando su valor con el objetivo de ahorrar energía.

Para entender el modo de funcionamiento del nodo, en la hoja técnica se incluyen un diagrama.

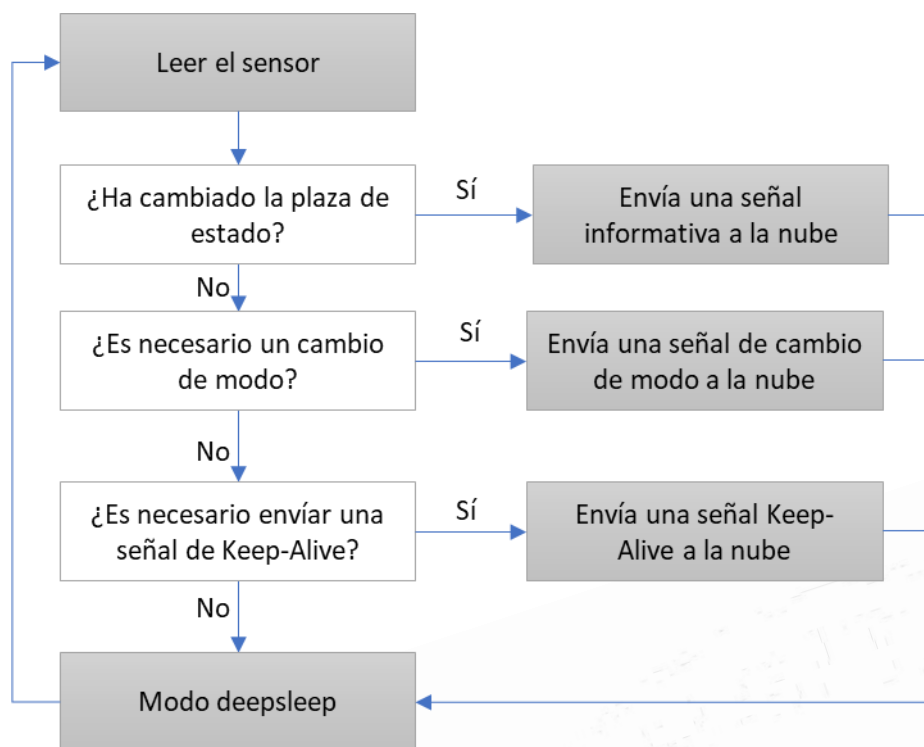


Figura 17. Diagrama de funcionamiento del sensor

Una vez configurados los tiempos de muestreo y estado, el sensor lee si el aparcamiento ha cambiado de estado, si es así, manda la señal, si no, comprueba si es la hora de cambiar de modo, y por último comprueba si hace falta enviar una señal de Keep-Alive al sistema. Cuando ha comprobado todas las acciones, el sensor va al modo deepsleep por el tiempo previamente fijado.

Por otro lado, se puede hacer uso de dos modos de transmisión, Sigfox o LoRaWAN. El sensor da la posibilidad de configurar diferentes modos de uso combinando estas tecnologías.

- LoRaWAN: hace uso exclusivo de esta tecnología.
- SigFox: hace uso exclusivo de esta tecnología.
- SigFox+LoRaWAN: hace uso de ambas tecnologías. Especialmente diseñado para pruebas.
- SigFox->LoRaWAN: usa SigFox y si encuentra alguna dificultad hace uso de LoRaWAN.
- LoRaWAN->SigFox: usa LoRaWAN y si encuentra alguna dificultad hace uso de SigFox.

En el caso del aparcamiento inteligente en Madrid, la mejor opción sería la cuarta en la que hace uso de SigFox y si encuentra algún fallo en la transmisión usa LoRaWAN. De esta forma, nos aseguramos un correcto envío de datos.

En la instalación del sensor se pueden adoptar dos maneras dependiendo de la climatología del lugar. En el caso de Madrid no será necesario introducir el sensor debajo del asfalto ya que las máquinas quitanieves no pasarán por esas zonas. De esta manera, el componente se instalará atornillado al suelo lo que permite reducir el tiempo y coste de su montaje. Además, el reseteo se realiza acercando un imán provisto por la empresa, por lo que en el caso de que estuviera tapado por el asfalto, no haría falta abrirlo para realizar dicha acción.

7.1.5.2 Router

Libelium, ha desarrollado un router multiprotocolo que permite almacenar y gestionar la información recibida a través de los sensores. Permite usar 5 interfaces de radio distintas WiFi, RF, 4G/LTE, GPS y Bluetooth.

Además, gracias a la carcasa de aluminio, puede usarse tanto en el interior como en el exterior sin que sufra ningún daño.

Meshlium, el nombre que le dan los creadores es compatible con la mayoría de empresas que ofrecen servicios en la nube.

7.1.5.2.1 Especificaciones



Figura 18. Router Meshlium

Procesador	1 Ghz Quad Core (x86)
Memoria RAM	2 GB(DDR3)
Memoria de disco	16GB
Alimentación	PoE (Power Over Ethernet)
Máxima corriente de alimentación	2 A
Exterior	Material:Aluminium Dimensiones: 300 x 220 x 87 mm Peso: 2.2 kg Protección externa :IP65
Rango de temperatura	-20 °C/50°C
Tipos de fuente de alimentación	AC-220 V (DC-12V)
Sistema	Linux, Debian based
Software de gestión	Meshlium, Manager System(open source)
Seguridad	Authentication WPA,WPA2,HTTPS



WiFi radio

Chipset	Qualcomm Atheros QCA9882
Potencia de transmisión	20dBm
Distancia	500 m

Antenna 5dBi dipole

Tipo	Omni-directional, dipole
Ganacia	5 dBi
Dismensiones	224 x 22 mm

RF radio modules



Modelo	XBee-PRO 802.15.4
Frecuencia	2.4 GHz
Potencia de transmisión	18 dBm(1dBm for EU models)
Sensibilidad de entrada	-100 dBm
Antena	5 dBi dipole
Rango	1.6 km (750 m in EU models)

4G/LTE module



Protocolos	4G, LTE, 3G, WCDMA, HSPA, UMTS, GPRS, GSM
Banda de frecuencia	LTE – 800(B20) /1800(B3) /2600(B7) UMTS – 85(B5) /900(B9) /2100(B1) GSM/GPRS – 900/1800
Potencia de salida	Class 4 (2 W, 33 dBm) @ GSM 850/900 Class 1 (1 W,30 dBm) @ GSM 1800/1900 Class E2 (0.5 W,27 dBm) @ EDGE 850/900 Class E2 (0.4 W, 26 dBm) @ EDGE 1800/1900 Class 3 (0.25 W, 24 dBm) @ UMTS Class 3 (0.2 W, 23 dBm) @ LTE
Rx	Hasta 100 Mb/s
Tx	Hasta 50 Mb/s
Antena	4 dBi

GPS module



Modos	GPS asistido(A-GPS) Modo Standalone (NMEA frames)
Antena	4 dBi

Bluetooth Scanner



Protocolo	Bluetooth 2.1 + EDR Class 2
Ptencia de transmisión	3 dBm
Antena	5 dBi dipole
Rango	20-30 m

7.1.5.3 Letreros luminosos

Los letreros obtendrán la información necesaria gracias a meshlium, que previamente programado para ello, filtrará la información que necesita cada panel y la enviará.

En ellos aparecerán nombres de las calles cercanas, así como si es necesario realizar algún giro junto con el número de plazas libres que hay en tiempo real. Estos letreros se actualizarán cada cinco minutos.

7.1.5.4 Aplicación móvil

La manera de conexión entre los usuarios y el sistema de aparcamiento inteligente es una aplicación para Smartphone, así como una página web que contenga todas las comodidades necesarias. Dispondrán de un mapa en tiempo real de Madrid creado a través de los sensores ya colocados. En dicho mapa se podrá observar como las distintas calles están en rojo, si no hay ninguna plaza libre, en naranja si dispone de dos o una plaza, o en verde, si dispone de más de dos plazas libres. De esta manera los usuarios pueden decidir si quieren hacer uso del coche con información real.

Además, se incluirá un método de pago, como ya se está haciendo actualmente, alternativo a los parquímetros. Será posible pagar mediante la aplicación o, incluso, añadir tiempo sin tener que desplazarte. Con este método, se podrá saber si a algún vehículo le queda poco tiempo de aparcamiento y tendrá que abandonar su plaza para hacerle sitio al siguiente usuario.

Al igual que los coches poco contaminantes se benefician de un descuento, podrán hacerlo los que prefieran aparcar en zona de baja ocupación, en vez de hacerlo en una de alta contaminación y de bajas emisiones. Esta nueva tarifa, podrá ser instaurada a través del nuevo sistema de aparcamiento inteligente.

Con el paso del tiempo, la aplicación y el sistema completo serán cada vez más fiables debido a la recopilación de información, por lo que se podrá disponer de un pronóstico que será cada vez más real del estado de los aparcamientos.

A su vez, los aparcamientos subterráneos y privados pueden formar parte de la aplicación para que los usuarios puedan ver la disponibilidad de éstos.

Sin embargo, una de las opciones más útiles es la guía inteligente por voz. Funciona de la siguiente manera. Al salir de casa seleccionas las calles en las que te gustaría aparcar una vez hayas llegado a la ciudad, el sistema lo tiene presente, y cuando te estés aproximando guiará al usuario mediante comandos de voz sencillos hasta uno de los aparcamientos que allí se encuentren. En la búsqueda de la plaza se podrá poner también un límite de coste o un lugar concreto y la distancia máxima de la plaza. Este sistema evita que los usuarios tengan que mirar la aplicación cuando ya hayan salido de casa y estén conduciendo, disminuyendo las situaciones de riesgo en la búsqueda de aparcamiento.

7.1.5.5 Cloud server

Debido al alto nivel de compatibilidad, podremos elegir el software que nos resulte más cómodo teniendo en cuenta las especificaciones y las características de nuestro sistema.

Cloud Software	Compatible	Notas
Amazon IoT	Sí	
Esri	Sí	Solo ArcGIS online
IBM Bluemix	Sí	
IOT-Ticket	Sí	
Azure Event Hubs	Sí	
Azure Service Bus	No	Obsoleto: usar Event Hubs
MQTT	Sí	
Telefonica	Sí	
ThingWorx	Sí	
amplia	Sí	
Simfony	Sí	
Smart City Plarform	Sí	
B-Scada	Sí	
DeviceLynk	No	Obsoleto
Devicity	Sí	
Eagle.io	Sí	
ElementBlue	Sí	
Extunda	Sí	
IoTSens	Sí	
Sentilo	Sí	
Sofia2	Sí	
Solvver	No	Obsoleto
Thing+	Sí	

Tabla 14. Cloud servers compatibles

7.1.5.6 Comunicación

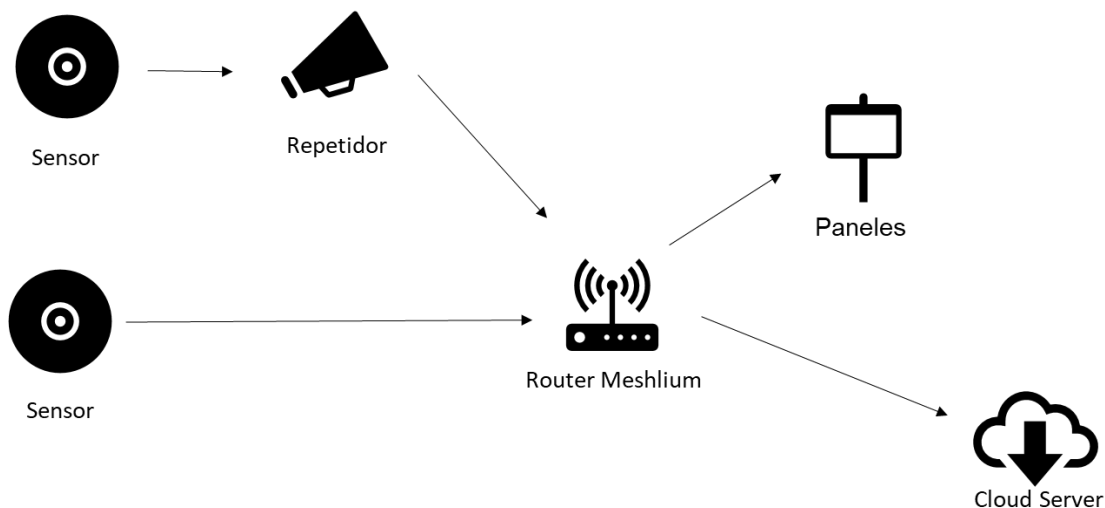


Figura 19. Mapa de comunicaciones

En el mapa se observa cómo se usa una distribución en forma de estrella donde todos los componentes están conectados con el router multiprotocolo.

Por un lado, se encuentran los sensores que envían la información a través de SigFox. Si fuera necesario dado a la distancia y a la pérdida de potencia de las señales de radiofrecuencia, sobre todo en las ciudades, se hará uso de repetidores que ayudarán a que la señal llegue a su destino.

Por otro lado, Meshlium gestionará la información y enviará los datos necesarios a los paneles de manera que estos están actualizados en todo momento.

Por último, toda la información estará disponible en la nube de manera que se pueda acceder a ella desde cualquier sitio, y contar de esa manera con una web y una aplicación que informe a los usuarios de situación real de las plazas de aparcamiento.

7.1.6 DISEÑO

Una vez explicados los elementos que conforman el sistema de aparcamiento inteligente, se hará el diseño de uno de los barrios que forman parte del Servicio de Estacionamiento Regulado.

Debido a la simplicidad de sus calles, la mayoría formando una cuadrícula, y su pequeña extensión, el barrio será el número 45, Lista.

Lista cuenta con 353 plazas azules y 1505 verdes lo que hace un total de 1850 plazas. Mientras que las azules suponen un 19%, las verdes un 81%. Ya que estos datos se aproximan a los generales en la ciudad de Madrid (18.8% plazas azules y 81% plazas verdes), el barrio elegido es un claro ejemplo a pequeña escala de lo que sería implantar este sistema en la capital.

Para comenzar, 1858 sensores serían instalados en cada una de las plazas. A su vez se pintarían las separaciones entre cada plaza en el suelo en el caso de aparcamiento en línea, ya que actualmente no están. Este sencillo paso guiará a los ciudadanos de manera que no invadan el sitio que debe ocupar otro conductor, optimizando así el uso de las plazas.

Se usará un router multiprotocolo que se encargará de gestionar la información de la totalidad de las plazas. Además, al ser un área pequeña, no hará falta el uso de repetidores de señal dado a que el alcance de la señal en ciudad es de 3-10 km y la distancia máxima de lado a lado de la zona es de 1.1 km.

Por otro lado, paneles luminosos serán instalados en los puntos necesarios. Con ellos se pretende ayudar a la conducción y guiar a los usuarios a encontrar la plaza libre sin ser necesario cubrir cada calle y cada esquina con paneles que podrían ser innecesarios. Después de analizar las necesidades y posibilidades de las que dispone cada calle, la colocación de diez paneles sería de gran ayuda para los conductores que deseen aparcar en la zona.

En el siguiente mapa, se señalan con un círculo rojo los lugares donde se colocaría cada panel. A continuación, se especificarán las calles a las que hará referencia cada uno de ellos, así como la distinción entre plazas azules y plazas verdes.

Panel 1

- Plazas verdes
 - Calle del General Oraá – Giro a la izquierda
 - Calle del General Pardiñas – Continuar recto

Panel 2

- Plazas verdes
 - Calle del General Pardiñas – Giro a la derecha
 - Calle del General Oraá – Continuar recto

Panel 3

- Plazas azules
 - Calle del General Diaz Porlier – Continuar recto
- Plazas verdes
 - Calle de Martínez Maldonado – Giro a la derecha

Panel 4

- Plazas azules
 - Calle de Juan Bravo – Giro a la derecha
 - Calle de Juan Bravo – Giro a la izquierda
- Plazas verdes
 - Calle del General Pardiñas – Continuar recto

Panel 5

- Plazas azules
 - Calle de Juan Bravo – Giro a la derecha
 - Calle de Juan bravo - Giro a la izquierda
- Plazas verdes
 - Calle de Alcántara – Continuar recto

Panel 6

- Plazas verdes
 - Calle de Padilla – Giro a la derecha
 - Calle de Alcántara – Continuar recto

Panel 7

- Plazas verdes
 - Calle del General Díaz Porlier – Continuar recto
 - Calle de Padilla – Giro a la izquierda

Panel 8

- Plazas azules
 - Calle del General Díaz Porlier – Continuar recto
 - Calle de José Ortega y Gasset – Giro a la derecha
 - Calle de José Ortega y Gasset – Giro a la izquierda

Panel 9

- Plazas verdes
 - Calle de Alcántara – Continuar recto
- Plazas azules
 - Calle de José Ortega y Gasset – Giro a la derecha
 - Calle de José Ortega y Gasset – Giro a la izquierda



Figura 21. Diseño de panel luminoso

7.2 SEMÁFOROS INTELIGENTES

7.2.1 ELEMENTOS

7.2.1.1 Semáforo LED

Durante un gran periodo de tiempo, en Madrid, se han utilizado lámparas incandescentes en los semáforos que tenían un cristal de color. Estos elementos trabajan en corriente alterna, el mismo modo en que funciona la red eléctrica.

Por otro lado, al utilizar la tecnología LED, que funciona con corriente continua, hace falta incluir un rectificador que convierta la corriente. En los últimos años, se ha abaratado su coste permitiendo su obtención y utilización.

La tecnología LED cuenta con un gran número de ventajas. La primera de ellas es el ahorro energético ya que los LEDs consumen hasta un 90% menos que las lámparas incandescentes. Por ello, se deduce que el impacto ambiental se reduce

considerablemente al emitir menos partículas que contribuyen al efecto invernadero.

Debido al pequeño uso de energía, existe la posibilidad de usar baterías que se recarguen en caso de que la energía suministrada falle.

El cambio de consumo de energía es una gran ventaja. A esta se le suma la nueva vida útil, que pasa de ser 6000 horas, a durar incluso 60000 horas.

Por último, gracias a esta nueva tecnología se elimina el efecto fantasma que se produce en las lámparas incandescentes. Según este efecto, la luz parece estar encendida gracias al cristal tintado, aunque no lo esté.

Gracias a todas estas ventajas, el sistema de semáforos inteligentes debe hacer uso de la tecnología LED para transmitir la información a los conductores.

7.2.1.2 Cámara

La cámara que se utilizará es SpeedCAM de ARH ya que incorpora software y hardware en un mismo componente, de manera que la misma cámara sea la que reconozca la matrícula a través del reconocimiento de caracteres. Cuenta con diferentes características, entre ellas:

- Fácil instalación y configuración automática: los ajustes pueden hacerse de manera remota.
- Procesador de varios núcleos
- Sistema de detección de vehículos: hará una foto, aunque la matrícula esté dañada o inexistente.
- Funcionamiento ininterrumpido
- Funciona bajo cualquier situación meteorológica
- Requiere baja potencia.

Debido al área de la fotografía, una sola cámara puede abarcar dos carriles y detecta si algún vehículo no autorizado se encuentra en un carril bus, o si algún coche pasa el semáforo en rojo.

Además, cuenta con un radar que mide velocidades de hasta 255 km/h. Este componente facilitará el control de velocidades máximas.



Figura 22. SpeedCam

Especificaciones

Imagen

- Resolución (H x V píxeles): 1280 x 720
- Sensor: Color, Progressive scan CCD 1/3''
- Velocidad máxima de fotogramas: 30 fotogramas/seg
- Formato: JPEG, MJPEG stream, H.264
- Calidad JPEG: ajustable entre 10%-80%

Lentes

- Tipo: 5.2-588 mm con alta precisión de posición monitorizada.
- Distancia recomendada de ANPR: 3 m – 20 m.

Iluminación

- Tipo: high power IR LED, regulado
- Longitud de onda IR: 850 nm.
- Número de LEDs: 8.
- Intensidad: 3 modos configurables (low, medium, high)
- Tiempo de flash: configurable, hasta 950 μ s.

Procesado y I/O

- CPU: 1.6 GHz Intel Atom + N2600.
- Memoria operativa: 1GB DDR3.
- Memoria de almacenamiento: 32 GB
- Sistema operativo: Linux 64 bit
- ANPR: CARMEN FreeFlow
- Protocolos de comunicación: ARP, ICMP, TCP/IP, DHCP, NTP, FTP, HTTP, SWTP, RTP.
- Interfaz de comunicación: 100Mbit/seg, Ethernet.

Radar

- Principio de medida: Doppler-Radar.
- Rango de medición: 0-255 km/h
- Frecuencia del radar: 24.165 GHz, K-Band.
- Dirección: seleccionable unidireccional o bidireccional.
- Ángulo de instalación: recomendable 10° - 25°.

Datos eléctricos

- Tensión de entrada: 24-28 V AC.
- Consumo de energía básico: 15W.
- Consumo de energía con calentamiento: 20 W.

Datos mecánicos

- Temperatura de funcionamiento: -20°C a 55°C
- Clasificación IP: IP67.
- Dimensiones (L x W x H): 385 mm x 243 mm x 335 mm.
- Peso: 13.5 kg.
- Material exterior: Aluminio.

La cámara es uno de los elementos centrales del sistema ya que se encargará de grabar la imagen de la cual se extraerá la información necesaria como el número de vehículos que pasan por un punto por minuto. Al ser una cámara OCR (reconocimiento de caracteres), se podrá leer la matrícula de los vehículos y comprobar en el registro de la DGT de que tipo son, creando así una estadística.

El modo de funcionamiento del software integrado en la cámara hasta llegar a tener la matrícula identificada es sencillo, pero todos los pasos son necesarios para llegar al final. Para empezar, en la imagen es necesario identificar el lugar que ocupa la matrícula. Una vez identificada, se corrige el ángulo y la dirección de manera que podamos tenerla recta. Luego se corrige la luz y el enfoque para poder reconocer los caracteres. Más tarde se hace distinción entre donde empieza y acaba cada carácter y se identifican creando así el número de matrícula.

Este número, se comprueba en el registro para poder crear una estadística acerca del tipo de vehículos que circulan y el grado de contaminación de ellos.

7.2.1.3 Software

El software que se utilizará en las cámaras para el reconocimiento de caracteres se llama Carmen. La versión que se usará será Carmen FreeFlow.

Especificaciones

Información general

- Utilidad: Reconocimiento automático de matrículas – Software de reconocimiento de matrículas para diferentes sistemas inteligentes de tráfico y situaciones de control de acceso.
- Sistemas operativos: Windows (32/64 bit), Linux (32/64 bit).
- Minimos requisitos de Sistema: 1 GHz CPU | 512 MB RAM | 1 GB HDD | free slot for NNC.
- Licencia: Una licencia por aplicación, disponible múltiple licencia.

Interfaz

- Entrada: Imagen desde carpeta o memoria en cualquier formato de imagen (BMP | PNG | JPEG | JPEG2K | RAW), entrada analógica de video en vivo (PAL o NTSC), entrada digital de cámara en vivo.
- Salida: dato OCR, número de matrícula en ASCII/UNICODE, posición de la matrícula, nivel de confianza, nivel de confianza de cada carácter, lista de otras posibilidades para cada carácter, resultado individual de cada matrícula en una imagen, color de la placa, país y localización de la placa en una imagen.

Herramientas de desarrollo para una fácil integración

- Lenguajes de programación bajo Windows: C/C++, C#, Visual Basic .NET, Java.
- Lenguajes de programación bajo Linux: C/C++, Java.
- En la caja: Librerías de desarrollo: .dll, .so files, programas de ejemplo de cada idioma.

El software de gestión de tráfico será de la empresa SICE y tiene por nombre ADIMOT. Será el sistema central que controlará los semáforos. Además, tiene posibilidad de controlar infracciones y dar prioridad al transporte público en las ocasiones que fuera necesario.

Por otro lado, este sistema es adaptable a cualquier ciudad ya que contiene un gran número de parámetros configurables. Tiene también la posibilidad de mostrar cierta información al público de manera que sepan la situación actual del tráfico en la ciudad.

Entre sus características principales destacan:

- Diferentes niveles de acceso.
- Altamente configurable tanto para pequeñas zonas como para grandes ciudades.
- Visualización en tiempo real.
- Datos históricos accesibles.
- Variedad de idiomas
- Gestión de informes en múltiples formatos.

7.2.1.4 Regulador

El regulador que se usará para comunicarse con los diferentes semáforos y cámaras será el MFU3000, también de la empresa SICE.

Contiene diferentes modos de control como son manual, autónomo, centralizado o adaptativo.

Especificaciones

- CPU principal: ARM 32 bits.
- Tensión de alimentación: 85 a 264 V.
- Frecuencia: 50/60 Hz.
- Corriente máxima por salida: 6.3 A.
- Entradas digitales: 512 DI.
- Salidas digitales: 128 DO
- Entradas analógicas: 3 AI.
- Tensión de suministro a las salidas: 230 V, 42 V, 110 V, 125 V con posibilidad de control de luminosidad ('Dimming').
- Comunicaciones: RS232/RS485/Ethernet.
- Puerto USB: 2 puertos USB.
- Módulos GPRS y GPS: opcionales.
- Salidas de potencia: 192
- Rango de temperaturas de funcionamiento: -10°C – 60°C.

7.2.1.5 Comunicación

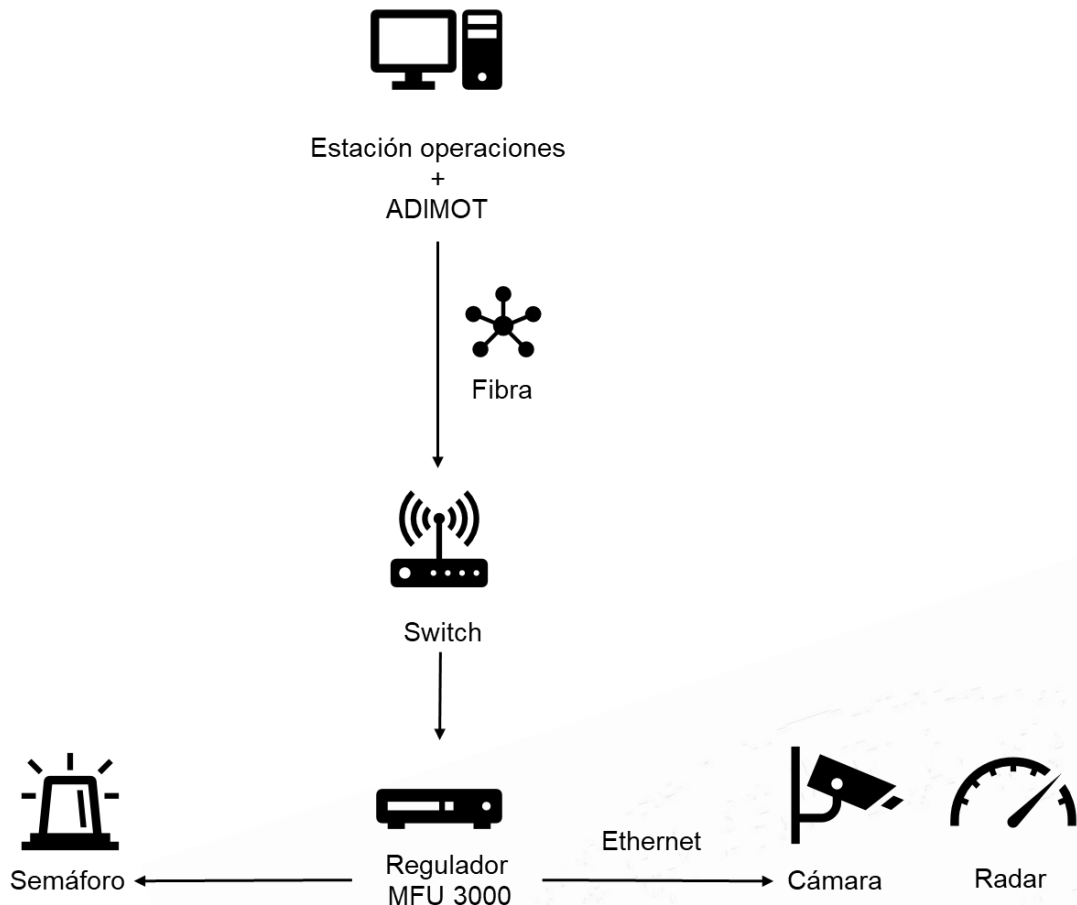


Figura 23. Mapa de comunicaciones

La comunicación con la estación principal de operaciones y el sistema central ADIMOT será mediante fibra. La cual transportará la información necesaria desde diferentes puntos de la ciudad.

7.2.2 MODO DE FUNCIONAMIENTO

Las cámaras recogerán información acerca del estado del tráfico en la zona a través de la lectura de matrículas y de la velocidad. Recopilará el número de

coches que pasan por minuto en ambos sentidos, y en el resto de semáforos de la zona. Con dichos datos, el sistema sabrá si hay algún atasco en la zona o más vehículos de lo habitual.

Gracias a la información recopilada, se hará uso de complejas ecuaciones que darán respuesta al tiempo necesario que debe estar un semáforo en rojo o en verde.

7.2.3 IMPACTO

Con este sistema, se espera un gran impacto en el tráfico de la ciudad. En primer lugar, se espera evitar atascos y mejorar la fluidez de la zona, lo que trae diversas consecuencias.

Se espera que la actitud de los conductores sea más paciente al pasar menos tiempo al volante. Se cometerán menos infracciones y la conducción será mejor para todos los ciudadanos.

Por otro lado, al haber menos coches, y que pasan menos tiempo en la vía, la contaminación que se produce será menor por lo que el aire de la ciudad mejorará poco a poco en su camino por lograr una buena salud para sus ciudadanos.

A su vez, se conseguirá que la cantidad de frenazos producidos por los conductores disminuya, y se conseguirá que la velocidad sea más constante. Ambos indicadores hacen que la polución baje y la calidad del aire mejore considerablemente.

La empresa SICE realizó un estudio de como diferentes parámetros habían evolucionado en distintos proyectos llegando a la siguiente conclusión.

Velocidad media	+23%
Número de paradas	-28%
Tiempos de viaje	-22%
Demoras por paradas	-19%
Consumo y CO2	-33%
NOx	-31%

Tabla 15. Evolución debido a la implementación del sistema ADIMOT⁴

⁴ SICE. Cuantificación del beneficio.

Capítulo 8 FUTUROS SISTEMAS

8.1 CARRILES REVERSIBLES AUTOMATIZADOS

Debido a la magnitud de la empleabilidad en la capital y su extensión, muchos trabajadores residen en zonas residenciales o pueblos próximos a la ciudad. En estos casos, el acceso a Madrid debe hacerse por las carreteras disponibles para ello, bien en vehículo privado o en transporte público. Sin embargo, la mayoría de ciudadanos entran a trabajar en el mismo abanico de horas por lo que la existencia de atascos y mucho tráfico en ese periodo es inevitable.

Dado a que no exige la misma demanda el carril de entrada que el de salida dependiendo del día y la hora, la implantación de carriles reversibles automáticos en las vías de acceso a la capital ayudaría a paliar con el problema del tráfico.

Por otro lado, se ha demostrado en diferentes estudios que el mínimo de emisión de NOx se produce entre 80 y 60 km/h. Con esta medida tecnológica se busca aumentar la fluidez de manera que sea posible modificar los límites de velocidad para mejorar la calidad del aire en estas zonas que cuentan con una abundante afluencia de diferentes tipos de transporte.

El sistema contará con la señalización necesaria como son los paneles informativos, los semáforos o incluso, barreras que impidan el paso y reduzcan el posible número de infracciones y accidentes.

El nuevo método de circulación necesitará información en tiempo real del estado de las vías por lo que se implantarán cámaras de reconocimiento de matrículas que obtengan información acerca del tipo de los vehículos que circulan, y la mandarían al sistema. De esta forma, se podrán adecuar los carriles según las necesidades reales. De hecho, los nuevos carriles no tienen que ser necesariamente válidos para todos los tipos de transporte, pueden ser solo para transporte público,

carriles VAO o carriles para vehículos de mercancías, por ejemplo. Depende del estado del tráfico y de las necesidades reales que el sistema detecte en el momento.

El sistema será cada vez más fiable dado a la recopilación de datos. En un futuro llegará a prever las situaciones de atasco y conseguirá reducir el tráfico y la contaminación en la zona donde ha sido implantado.

8.2 CONTROL DEL MODO DE FUNCIONAMIENTO

Actualmente, existen límites de velocidad en toda la red de carreteras española. Esta limitación es debida a varios factores como son la salud de los conductores y viandantes, y una buena fluidez del tráfico y control de la polución emitida por los vehículos.

De manera que pueda ser controlado, el software en el Módulo de Control Electrónico (ECM) debería contar con varios modos de funcionamiento que modifiquen en el vehículo la velocidad máxima que puede llegar a alcanzar, así como límites de aceleración que ayuden a que disminuyan las partículas emitidas.

El cambio de modo se hará por sensores de radiofrecuencia que emitirán señales a la entrada y salida de autovías y autopista, o en localizaciones donde sea necesario un cambio de velocidad. Estas modalidades se podrán modificar fácilmente si la ciudad se encuentra en un periodo de alta contaminación y es necesario adecuar los límites a las nuevas circunstancias.

Para no tener cambios bruscos de velocidad que pueden perjudicar al buen funcionamiento del sistema y pueden hacer que los niveles de polución que se pretenden descender aumenten, es necesario tener unos minutos a la hora del cambio que permitan al vehículo adaptarse a la nueva modalidad de la forma más limpia posible, siempre respetando la salud de los conductores.

Por otro lado, habría un número de vehículos reducido que estaría exento de la nueva medida como son los vehículos de emergencia a los que se les permite circular a velocidades superiores a las máximas.

Puede parecer un gran paso que controla demasiado a los ciudadanos, sin embargo, todos los límites impuestos en el país tienen razones y estudios con gran relevancia que los sustentan. De esa manera nos vemos obligados a cumplir con la ley para garantizar el bienestar de todos los ciudadanos.

A pesar de la dificultad añadida de la implicación de los fabricantes, el problema se solventaría con la utilización de la ley haciendo obligatorio que todos los vehículos de nueva matriculación contasen con este nuevo software. La obligación de la implantación se iría aumentando paulatinamente.

Capítulo 9 CONCLUSIÓN

Se ha dejado ver como Madrid presenta un problema vial en el que se incluyen la mala calidad del aire que afecta a la salud de los ciudadanos, y la gran cantidad de situaciones de riesgos y accidentes que se provocan debido a una mala gestión del tráfico.

Gracias al uso de la tecnología, en oposición al Plan A presentado por el Ayuntamiento de Madrid, se les da respuestas a estos inconvenientes relacionados con la conducción.

Gracias a un sistema de aparcamiento inteligente en la zona SARE se reduce la polución del aire debido a que un tercio de los coches que circulan por el centro de la capital se encuentran buscando aparcamiento. Disminuye el número de vehículos, y, a su vez, el número de partículas contaminantes emitidas. Además, se consigue más fluidez, por lo que los conductores tardan menos tiempo en llegar a su destino.

Por otro lado, los coches que en busca de una plaza donde aparcar, circulan a bajas velocidades y con la atención en cosas que no son la conducción. Debido a ello, son más propensos a cometer atropellos o a alcanzar al coche delantero si reduce su velocidad.

Fijándonos en el sistema inteligente de semáforos, consigue que el número de vehículos circulando sea menor al conseguir una mejor gestión del tráfico. Entre las consecuencias que tiene el sistema, se encuentra la reducción de NOx y CO2 en un 31 y 33 % respectivamente. Esto se debe a que consigue una velocidad más lineal con un menor número de paradas.

Al reto de la contaminación se suma la calidad de vida de los ciudadanos que aumentará gracias a la disminución del tiempo de los desplazamientos.

Por todo ello, la elección de la tecnología para paliar el problema vial que sufre la ciudad es la solución más acertada.

Parte II ESTUDIO

ECONÓMICO

Capítulo 1 ESTUDIO ECONÓMICO

Madrid lleva ocho años superando los límites de NO₂ impuestos por la Unión Europea, lo que provocó que el pasado enero recibieran un último aviso por parte de Bruselas. Sin embargo, en mayo dio un paso atrás y no se llevó a cabo la denuncia prevista al tribunal de justicia de la Unión Europea debido a las medidas que el Ayuntamiento de Madrid está poniendo en marcha, así como el protocolo de actuación ante situaciones de alta contaminación.

Sin embargo, la capital tiene que reducir los niveles de NO₂ para no superar los niveles impuestos, no por sanciones políticas, si no por la salud de los ciudadanos.

A pesar de que el Plan A propuesto por el Ayuntamiento rebaje los niveles de partículas emitidos, se va a deber a un menor número de vehículos ya que va a restringir la entrada a la ciudad de los coches más contaminantes. Lo cual lleva al descontento de los ciudadanos, sobre todo de los que viven en las zonas más alejadas del centro.

Para evitar esta prohibición, el uso de la tecnología para la gestión del tráfico hará que los vehículos circulen de manera más fluida y estén menos tiempo en la carretera, emitiendo menos partículas. A su vez, la velocidad será más lineal sin tener que acelerar y frenar con tanta frecuencia.

La primera medida, el aparcamiento inteligente hará que las emisiones bajen dado a que un tercio de los vehículos que circulan por el centro, se encuentran buscando aparcamiento. Este sistema ha sido implantado en ciudades españolas como Málaga o Santander con excelentes resultados e implicación ciudadana. Teniendo referentes tan similares como son éstos, el sistema tendrá una gran acogida y un gran impacto en la conducción por la ciudad.

La segunda medida, los semáforos inteligentes conseguirán una mejor gestión del tráfico, reduciendo el número de atascos y el tiempo que los vehículos pasan en la carretera, así como la cantidad de paradas que hace cada coche. Es una forma de reducir la emisión de sustancias contaminantes.

Por último, los carriles automáticos reversibles conseguirán que el tráfico fluya mejor centrándose en las horas punta del día y en las vías de entrada y salida de la capital, que contienen una gran cantidad de tráfico a diario, el cual empeora en situaciones meteorológicas desfavorables como lluvia o nieve.

BIBLIOGRAFÍA

ARH. (s.f.). CARMEN FreeFlow Software. Budapest, Hungary.

ARH. (s.f.). SpeddCAM . Budapest, Hungary.

Ayuntamiento de Madrid. (Junio de 2017). Tarifas SER . Madrid, España.

Ayuntamiento de Madrid. (2018). Obtenido de <http://www.madrid.es/portal/site/munimadrid>

Ayuntamiento de Madrid. (2018). Listado plazas SER. Madrid, España.

(2015). *Balance Energético del Municipio de Madrid.* Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

City Hall. (2017). *Mayor's Transport Strategy.* London.

(2013). *Estudio del Parque Circulante de la Ciudad de Madrid .* Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, Dirección General de Sostenibilidad y Planificación de la Movilidad.

(2017). *Estudio en torno a los hábitos de la movilidad. El plan A.* Instituto de Investigaciones de Mercado y Marketing Estratégico Ikerfel.

Libelium. (s.f.). Meshum Xtreme Technical Guide. Zaragoza, España.

Libelium. (s.f.). Smart Parking Technical Guide. Zaragoza, España.

Libelium. (s.f.). Waspote Technical Guide. Zaragoza, España.

Mairie de Paris. (2018). Obtenido de <https://www.paris.fr/>

Mayor of London. (2018). Obtenido de <https://www.london.gov.uk/>

(2017). *Plan de Calidad de aire y Cambio Climático.* Ayuntamiento de Madrid, Madrid.

San Francisco Municipal Transportation Agency. (2013). SF park study.

Sice. (s.f.). *Regulador de tráfico urbano - MF3000*. Obtenido de http://www.sice.com/sites/Sice/files/2016-12/TU_REGULADOR.pdf

Sice. (s.f.). *Sistema de control del tráfico urbano - ADIMOT*. Obtenido de http://www.sice.com/sites/Sice/files/2016-12/TU_ADIMOT.pdf

Siemens. (s.f.). The smart way to park.

Smart Parking Ltd. (18 de 06 de 2018). *Smart Parking*. Obtenido de <https://www.smartparking.com/keep-up-to-date/case-studies/city-of-westminster-london>