



SIEMENS

Ingenio para la vida



Madrid 2020 – 2030

Un aire más limpio en una ciudad
centrada en sus ciudadanos

City Performance Tool – junio 2017

Contenido

| | |
|---|----|
| Resumen | 4 |
| Presentación de la City Performance Tool (CyPT) | 6 |
| Emisiones del transporte en Madrid | 8 |
| Punto de partida CyPT | 12 |
| Escenarios CyPT | 14 |
| Resultados CyPT | 20 |
| Estudios de caso | 28 |
| Conclusiones: Generar el cambio | 30 |
| Anexo: Glosario tecnológico | 32 |



Resumen



La ciudad de Madrid está enfocando sus esfuerzos en priorizar el desarrollo social, invirtiendo para potenciar la economía local y lograr así una transformación que beneficie a sus ciudadanos. En los presupuestos más recientes hemos visto incrementos de un 80% en proyectos culturales, casi un 250% en políticas de igualdad y empleo y un aumento de un 15% en el presupuesto educativo. Se trata de un gran compromiso para la ciudad, al dar la misma prioridad al desarrollo social que al económico. En esta línea, este informe se centra en el desarrollo medioambiental de Madrid, en concreto en el objetivo a corto plazo de mejorar la calidad del aire y el de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a largo plazo.

Ya se han logrado avances en el desarrollo medioambiental. Recientemente, Madrid ha implementado algunas de las medidas relativas a la calidad del aire más estrictas del mundo. Cuando los niveles de contaminación atmosférica superen los límites identificados para la ciudad, Madrid continuará imponiendo prohibiciones a los vehículos que circulen en el centro. Se están programando soluciones a largo plazo para

hacer frente al problema de la contaminación atmosférica, y este informe analizará algunas de las medidas identificadas y proporcionarán información a las autoridades relativas al CO₂ y a la calidad del aire.

Principales conclusiones

“Madrid 2020: Un aire más limpio en una ciudad centrada en sus ciudadanos” plantea un método integrado para gestionar el problema de la contaminación atmosférica local a corto plazo y reducir las emisiones de carbono a largo plazo.

Entre las conclusiones principales del análisis se incluyen:

1. Madrid tiene el objetivo real de obtener mejores resultados más rápido, y ha identificado la meta a corto plazo de reducir las emisiones de carbono en un 20% antes de 2020. Obtener esta importante reducción en un período de tiempo tan breve obligará a Madrid a llevar a cabo medidas firmes. Este



análisis ha determinado que Madrid debería implementar un plan que incluya algún tipo de peaje urbano para reducir el número de coches empleados; incentivar una transición hacia vehículos más limpios, como los autobuses eléctricos (eBus) o los autobuses de gas natural comprimido (GNC), y proporcionar información a los conductores acerca de la forma más eficiente de utilizar y conducir sus automóviles, para así poder alcanzar este ambicioso objetivo.

Se ha llegado a la conclusión de que estas tecnologías son las más eficientes para Madrid, pero la reducción total de emisiones dependerá de hasta qué punto se haga uso de dicha tecnología, es decir, del índice de aprovechamiento tecnológico. Si Madrid pusiese en marcha el programa de peajes, exigiese que todos sus autobuses fuesen GNC o eBuses e incentivase a un alto porcentaje de taxis y a un 10% de la población a utilizar vehículos eléctricos, podría cumplir con el objetivo de emisiones de carbono para el 2030 con reducciones de entre un 30% y un 40%.

2. Los peajes urbanos son, con diferencia, la solución más eficaz presentada en este estudio, consiguiendo más de un 10% menos de contaminantes CO₂, PM₁₀ y NOx. Es también la solución más rentable, ya que se obtienen importantes reducciones de las emisiones a un coste más bajo que el de las otras tecnologías analizadas.
3. Además de conseguir la meta de reducción de CO₂ para 2030, la ciudad debe hacer frente al desafío a corto plazo que supone la gestión de la calidad del aire. Este estudio ha concluido que, si la ciudad se centra únicamente en cuatro soluciones (peajes urbanos, autobuses con combustibles alternativos, e-taxis y conducción ecológica), sobre las que puede ejercer un control considerable, podrían reducirse los niveles de PM₁₀ y NOx en un 20% y 25% respectivamente.

Presentación de la City Performance Tool (CyPT)



Las ciudades europeas se sitúan en la primera línea del desarrollo sostenible mundial. Los rankings mundiales destacan regularmente su rendimiento en cuanto a conectividad, movilidad y reducción de emisiones de carbono.

Para ayudar a estas ciudades a tomar decisiones informadas en lo que tiene que ver con la inversión en infraestructuras, Siemens ha desarrollado la City Performance Tool (CyPT), que identifica qué tecnologías de los sectores de transporte, construcción y energía se adaptan mejor a cada ciudad para mitigar los niveles de CO₂eq, mejorar la calidad del aire y crear empleo en la economía local.

El modelo abarca 200 entradas de datos de los sectores de transporte y energía en Madrid, entre los que se incluye la generación de electricidad y la cuota modal de viaje. El modelo mide el impacto de las distintas tecnologías en los niveles de CO₂, PM₁₀ y NO_x en la ciudad y calcula el CO₂ en los ámbitos¹ 1, 2 y 3 de los sectores de energía y transporte.

El modelo también evalúa el rendimiento de cada tecnología teniendo en cuenta dos indicadores económicos: Primero, la inversión total de capital requerida para implementar la tecnología y teniendo en cuenta los costes operativos hasta 2025; segundo, el modelo calcula el número total de empleos que se podrían crear en la economía local.²

Los efectos de las tecnologías se basan en datos protegidos acerca del rendimiento de productos Siemens reales, implementados por ciudades de todo el mundo.

Es importante destacar que también se basan en productos ajenos a Siemens, lo cual permite a Siemens y a las ciudades comparar el espectro completo de soluciones de distintos sectores tecnológicos. Comenzando por la población de la ciudad, la generación eléctrica y los kilómetros recorridos en transporte público y privado, el modelo calcula los efectos futuros de las tecnologías teniendo en cuenta los tres factores siguientes:

- 1. Una matriz energética subyacente más limpia:** Pasar de la generación de energía no renovable a las energías renovables (por ejemplo, la fotovoltaica) y/o mejorar la eficiencia de la corriente, los combustibles fósiles y los recursos (por ejemplo, turbinas de gas de ciclo combinado).
- 2. Mayor eficiencia energética:** Sustituir las tecnologías existentes por tecnologías de menor consumo. Por ejemplo, sustituir el alumbrado público tradicional por luces LED y/o alumbrado orientado a la demanda.
- 3. Trasvase modal de transporte:** Cambios en la distribución modal de la ciudad. Por ejemplo, al crear una nueva línea de metro, la ciudad puede conseguir que más pasajeros cojan el metro, en lugar de viajar en vehículos de emisiones elevadas.

¹El protocolo GHG clasifica estas emisiones directas e indirectas en tres grandes ámbitos:

Ámbito 1: Todas las emisiones GHG directas.

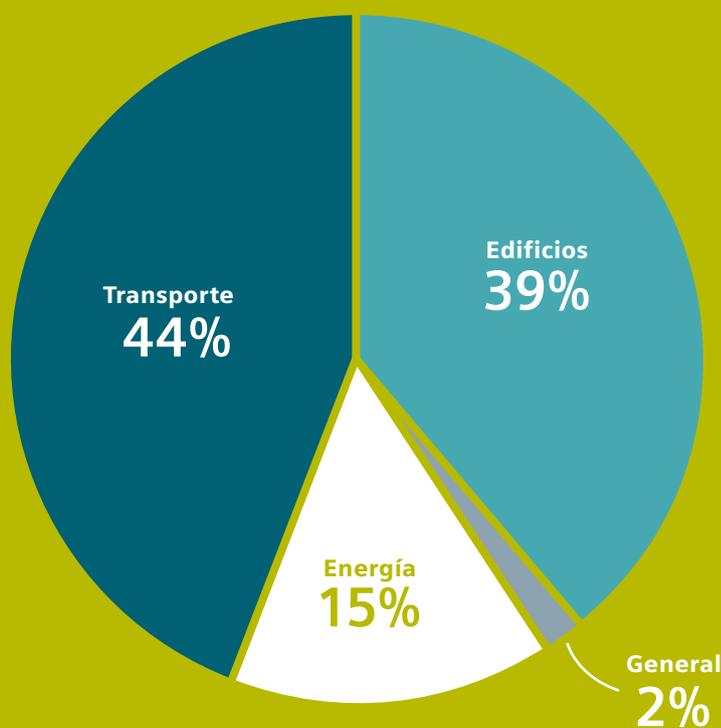
Ámbito 2: Emisiones GHG indirectas procedentes del consumo de electricidad, calor o vapor adquiridos.

Ámbito 3: Otras emisiones indirectas, como la extracción y la producción de materiales y combustibles adquiridos, actividades relativas al transporte en vehículos que no pertenezcan a o sean controlados por la entidad declarante, actividades relacionadas con la electricidad (por ejemplo, pérdidas de T&D) no incluidas en el ámbito 2, actividades exteriorizadas, eliminación de residuos, etc.

²Se incluyen los trabajos de instalación, operación y mantenimiento, que se consideran trabajos a tiempo completo equivalentes a 1760 horas. Las labores de fabricación no se incluyen porque algunas de estas tecnologías pueden ser producidas fuera de la zona funcional de la ciudad y no suponen beneficios para la economía local.



Figura 1: Número de puntos por sector



El modelo CyPT tiene 350 puntos de datos. Para Madrid no consideramos el sector de tecnologías de la edificación, que supone 150 puntos de datos.

Edificios

- Superficie cuadrada por tipo de edificio
- Demanda eléctrica
- Demanda de calefacción
- Demanda de refrigeración
- Uso final de electricidad, calefacción y refrigeración
- Revestimiento del edificio

General

- Población
- Dimensiones geográficas
- Objetivos de emisiones

Energía

- Generación eléctrica
- Generación de calefacción
- Factores de emisión para combustible

Transporte

- Km anuales por pasajero
- Toneladas-km de carga
- Longitud de la infraestructura vial
- Longitud de la red de autopistas
- Longitud de la red de autopistas
- Autobús, BRT, tranvía, Metro, tren de cercanías/regional, taxis, bicicletas, automóviles
- Etc.

Emisiones del transporte en Madrid



Con una superficie de 606 km², Madrid abarca menos de un 1% del territorio nacional total. Sin embargo, es el lugar de residencia de casi un 7% de la población total del país. Como capital del mismo, Madrid pretende ser un ejemplo de crecimiento sostenible para el resto del país y ha ido implementando una serie de iniciativas para mitigar la contaminación desde 2006.

El perfil de emisiones actual de Madrid es diferente al de la mayoría de ciudades en las que Siemens ha realizado un análisis CyPT hasta la fecha, ya que el transporte en Madrid ocasiona un porcentaje mucho más alto de emisiones de carbono que en las otras ciudades. Esto quiere decir que en Madrid se pueden reducir en mayor proporción las emisiones de carbono a través del transporte. Este es un aspecto positivo, ya que el gobierno municipal en Madrid suele desempeñar un papel más importante en lo relativo al transporte local que en otros sectores y existen más

oportunidades de identificar medidas positivas que podría llevar a cabo la ciudad. (Tabla 1).

Una parte importante de las emisiones del transporte en Madrid proviene del uso elevado de automóviles privados. Otro efecto negativo de la elevada tasa de conducción de automóviles es la calidad deficiente del aire. El problema de la contaminación atmosférica en Madrid ha llegado a ser tan acuciente que en 2015 y 2016 hubo días en los que los contaminantes atmosféricos en Madrid superaron los niveles permitidos por la Directiva Europea sobre la Calidad del Aire. El problema fue tan grave que los dirigentes madrileños consideraron que era necesario prohibir la circulación automovilística en el centro de la ciudad durante los peores días. Ahora es frecuente ver una nube de contaminantes atmosféricos sobre la ciudad. El problema es visible e influye en la opinión pública, y el gobierno local considera que es necesario tomar medidas y está dispuesto a tomar las decisiones necesarias.



En diciembre de 2015, el nuevo gobierno municipal participó en el Foro de Innovación Sostenible (SIF15) y, en la Conferencia de las Partes (COP21) en París. En este evento, la nueva alcaldesa de Madrid, Manuela Carmena, y la Concejala-Delegada de Medio Ambiente y Movilidad, Inés Sabanés, anunciaron nuevos objetivos medioambientales para Madrid.

| | Aarhus | Copenhague | Helsinki | Madrid |
|--|--------|------------|----------|--------|
| Emisiones relacionadas con el transporte | 24% | 20% | 32% | 41% |
| Emisiones relacionadas con los edificios | 76% | 80% | 68% | 59% |

Tabla 1: Emisiones relacionadas con los edificios y el transporte en las ciudades europeas en las que Siemens ha realizado informes CyPT. Madrid destaca por tener una tasa más alta de emisiones relacionadas con el transporte.



Objetivos:

- Un 20% de reducciones de CO₂ hasta el 2020 y un 40% hasta el 2030.
- Un 10% de reducción del consumo final de energía.
- Un 20% de reducción de las emisiones relacionadas con el transporte.
- Un 25% de reducción del uso energético en edificios públicos y gubernamentales.

Aumento del uso del transporte público

El Ayuntamiento ha diseñado una serie de programas, estrategias y planes para alcanzar estos objetivos y convertir Madrid en una ciudad más sostenible:

El plan APR

Las Áreas de Prioridad Residencial (APR) fueron creadas con el objeto de evitar que se generase más contaminación en determinadas zonas de la ciudad mediante la restricción del uso de los automóviles. En la actualidad, Madrid tiene cuatro APR dentro de sus límites municipales, entre las que

se incluyen: APR Letras, APR Embajadores, APR Ópera y APR Cortes. El acceso en coche a estas APR está controlado por cámaras y software de reconocimiento de matrículas para evaluar inmediatamente el rendimiento medioambiental de cada vehículo específico.

La iniciativa de aparcamientos disuasorios

Madrid ha creado aproximadamente 27 000 plazas de aparcamiento como parte del programa de aparcamientos disuasorios. Propone crear 12 ubicaciones nuevas a las afueras de la ciudad (casi 9 500 plazas adicionales), en el perímetro de las autopistas M-30 y M-40. Estas nuevas plazas de aparcamiento estarán ubicadas a corta distancia de estaciones de transporte público. En general, el programa de aparcamientos disuasorios tiene los siguientes objetivos:

- Reducir el tiempo de transporte en transporte público y garantizar que a los pasajeros les resulte más rápido viajar en transporte público que en automóviles privados. Situar todos los aparcamientos a 3 o 4 minutos a pie de una estación o centro de transporte público.
- El transporte público debe proporcionar un servicio frecuente con esperas de sólo 5 a 10 minutos entre trenes o autobuses.



La iniciativa SER de estacionamiento regulado

El Servicio de Estacionamiento Regulado tiene como objetivo gestionar, regular y controlar el aparcamiento en determinados segmentos de las vías públicas de la ciudad para optimizar y armonizar el uso de plazas públicas y aparcamientos de vehículos.

En Madrid hay dos tipos de plazas de aparcamiento: Plazas verdes, en las que sólo pueden aparcar a cualquier hora los residentes de un barrio determinado y únicamente durante dos horas los vehículos que no pertenezcan a ese barrio, y plazas azules, en las que todos los vehículos pueden aparcar durante un tiempo límite de cuatro horas.

Plan de renovación de taxis

Madrid reconoce la necesidad de modernizar los taxis actuales y contar con vehículos más limpios, y que dicha modernización debe ir acompañada de algún tipo de incentivo financiero para reducir la carga financiera de la transición. La ciudad está diseñando un programa y un presupuesto para ayudar a los taxistas a sustituir sus vehículos por coches híbridos o eléctricos más eficientes. Las emisiones del nuevo vehículo no podrán exceder los 80 gramos de CO₂/km. El programa proporcionará

reembolsos de entre 1000 € y 6000 € a los taxistas en función de los niveles de emisiones de los nuevos vehículos.

Bicicletas compartidas

BiciMAD es el nuevo programa de bicicletas públicas en Madrid. Cuenta con un 100% de bicicletas eléctricas; un método de transporte limpio, saludable y sostenible. Este servicio está disponible para todos los ciudadanos y visitantes de la ciudad de Madrid. El servicio incluye 1560 bicis eléctricas distribuidas en 123 estaciones.

Compartir vehículo eléctrico – Emov y Car2go

En la actualidad, existen dos iniciativas privadas para compartir vehículos eléctricos y Madrid respalda sus esfuerzos para fomentar el uso de vehículos más limpios y obtener una reducción real del número de automóviles en la ciudad.

Como estos automóviles son vehículos de cero emisiones, sus conductores pueden aparcar donde lo deseen en la ciudad de forma gratuita.

Las dos empresas ya tienen más de 800 automóviles y hay más de 100 000 usuarios en Madrid.

Punto de partida CyPT

Modelamos más de 7 toneladas métricas de emisiones de CO₂e_q relacionadas con el transporte para Madrid en 2015, que representan más de un 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero totales en la ciudad. La mayor parte de dichas emisiones (6 toneladas métricas) proviene de los vehículos privados, ya que los taxis y los autobuses representan menos de 800 kilotonnes. Esta huella no nos sorprende, ya que un 62% del total de 23 mil millones de kilómetros recorridos por los habitantes en Madrid cada año se realiza en coche.

Aunque la distribución modal de la ciudad esté dominada por el uso de los coches privados, más de un 30% de los kilómetros anuales por pasajero en la ciudad se realiza en transporte público, mediante los trenes regionales, el metro y los autobuses de la ciudad. El uso de taxis, motos y bicicletas constituye el 5% restante.

El elevado uso de automóviles en Madrid también está detrás de los niveles de contaminación en la ciudad. Las figuras 4 y 5 muestran que más de un 80% de los contaminantes PM₁₀ y NO_x se atribuyen a los viajes en coche en la ciudad.

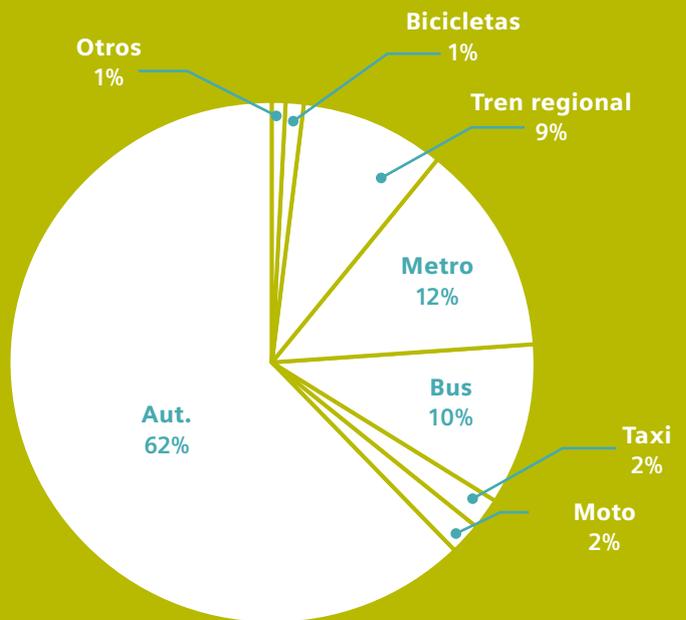


Figura 3: Distribución modal del transporte en Madrid como porcentaje de los kilómetros anuales recorridos por cada pasajero

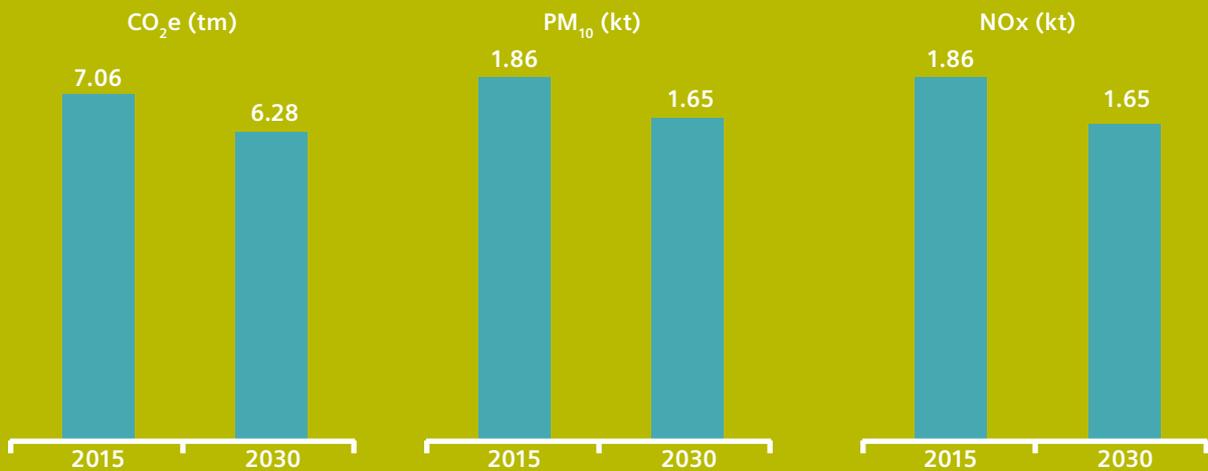


Figura 4: Emisiones del transporte en Madrid en 2015 y panorama estimado para 2030. Las reducciones estimadas de emisiones se deben a las inversiones programadas en transportes, que son independientes de las tecnologías modeladas en este estudio

Desglose de las emisiones de gases de efecto invernadero en Madrid procedentes del transporte

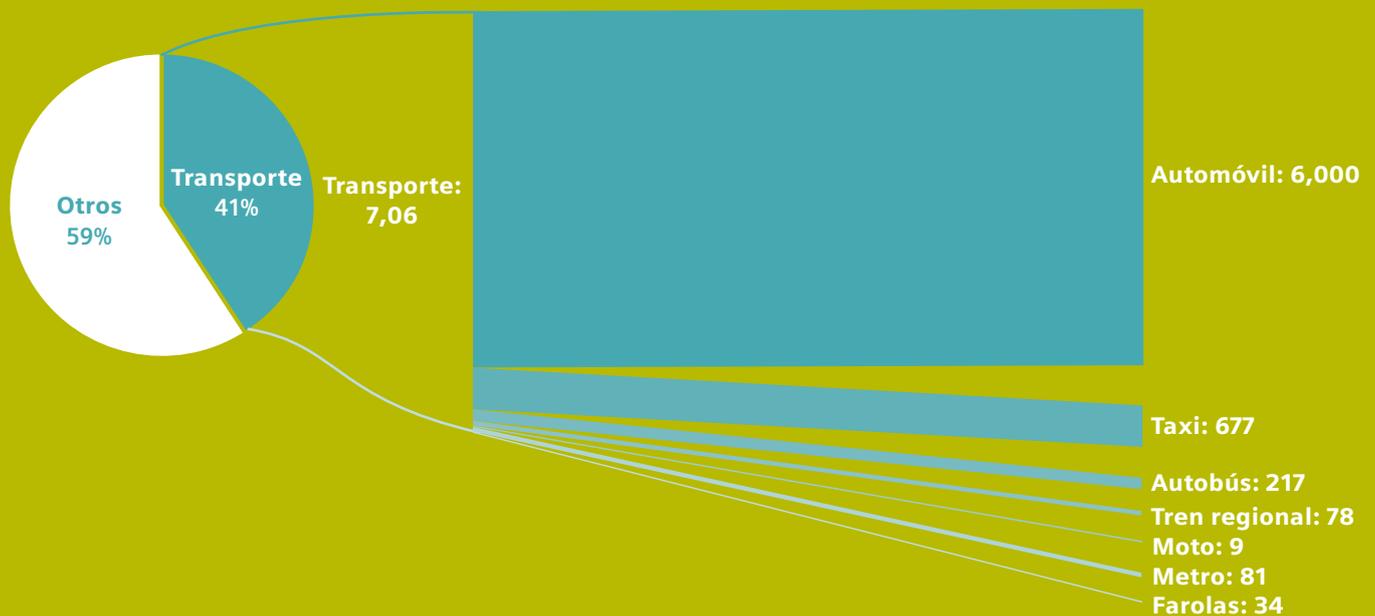


Figura 5: Emisiones de gases de efecto invernadero en Madrid para el año 2015, utilizadas como punto de partida en este estudio. Más de un 85% de las emisiones relacionadas con el transporte proviene de los automóviles.

Desglose de las emisiones de PM₁₀ y NOx procedentes del transporte en Madrid

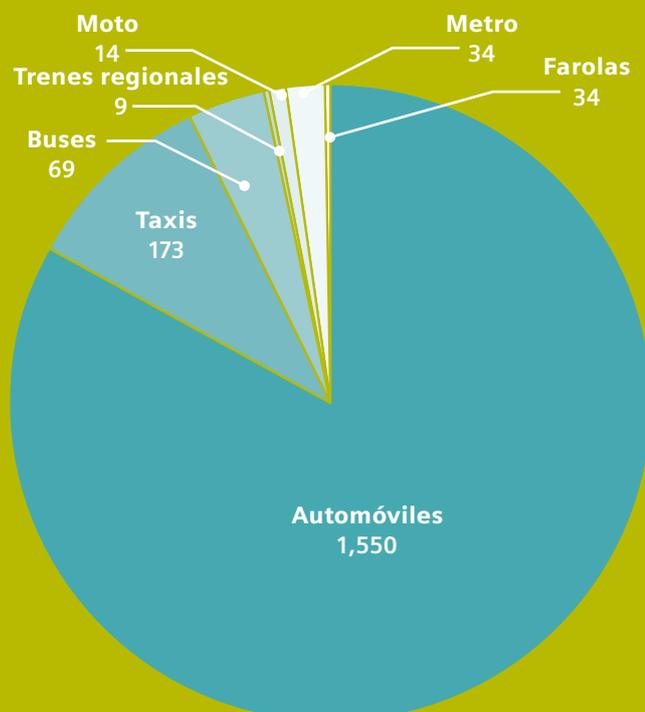


Figura 6: Emisiones de PM10 en Madrid en 2015, utilizadas como punto de partida de este estudio. Más de un 83% de las emisiones de PM10 procedentes del transporte provienen de los coches.

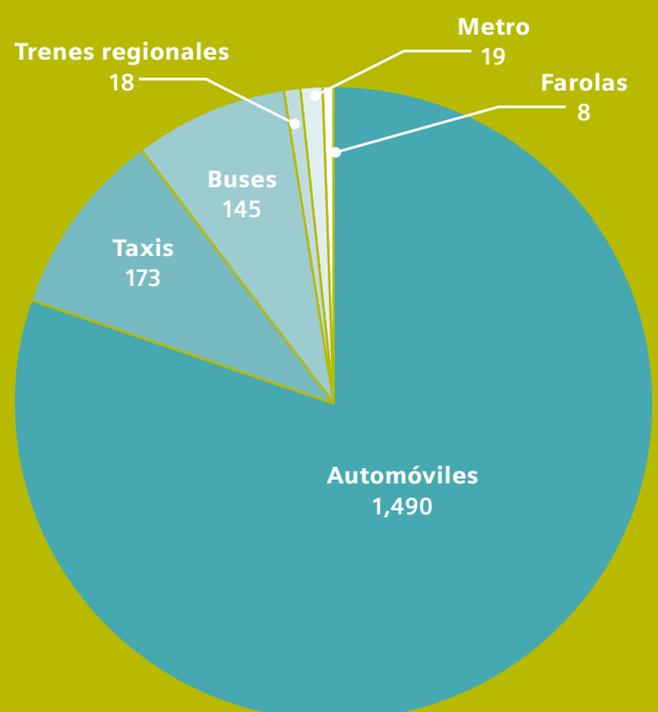


Figura 7: Emisiones de NOx en Madrid en 2015, utilizadas como punto de partida en este estudio. Más de un 80% de las emisiones de NOx procedentes del transporte provienen de los coches.

Escenarios CyPT



Evaluamos el rendimiento de las distintas opciones de transporte analizando 4 escenarios del sector en Madrid. El primer escenario se centra en el proyecto insignia de aparcamientos disuasorios que está diseñando la ciudad de Madrid para reducir la demanda de automóviles y aumentar la de trenes.

El segundo escenario abarca el programa de aparcamientos disuasorios del escenario 1 y lo combina con la iniciativa de peajes urbanos. Se espera que la iniciativa de peajes

reduzca el uso de automóviles dentro de la ciudad en un 20%, al cobrar a los conductores cuando accedan a ella.

El tercer escenario se basa en los dos primeros y se centra también en el uso de vehículos más limpios en la ciudad. Por último, el escenario 4 tiene en cuenta todas las tecnologías mencionadas y una generación eléctrica más limpia que implique que un gran porcentaje de la electricidad proceda de fuentes renovables.



Escenario 1

Aparcamientos
disuasorios



Escenario 2

Escenario 1 +

Peajes urbanos



Escenario 3

Escenario 1 + 2 +

Vehículos más
limpios



Escenario 4

Escenario 1 + 2 + 3 +

Electricidad
más limpia





En total se modelaron diez tecnologías, como se observa en la tabla inferior. También se tuvieron en cuenta las tasas de implementación para cada tecnología. Si observamos estas soluciones más detalladamente, cinco de las diez tecnologías pueden ser implementadas por la propia ciudad. Las otras cinco dependen de que los hogares, los negocios y las empresas de servicios realicen inversiones:

1. **Aparcamientos disuasorios:** La ciudad propone construir una infraestructura de aparcamientos disuasorios en ubicaciones clave, a corta distancia de estaciones de tren en la carretera de circunvalación de Madrid. Ahora mismo hay 27 000 plazas de aparcamiento en la ciudad, y esta propuesta sumará 9500 plazas en 12 ubicaciones nuevas. Dichas ubicaciones estarán a las afueras de la ciudad, en el perímetro de las autopistas M-30 y M-40, alejadas de la congestión del centro. En el modelo CyPT, hemos calculado que las plazas de aparcamiento serán utilizadas en un 80%, ya que un vehículo ocupará una plaza a lo largo del día si se desplaza a trabajar por la mañana y vuelve por la tarde. Este nivel de utilización supondrá que un 0,5% de la demanda pase de los automóviles a los trenes.
2. **Peajes urbanos:** Siemens ideó un sistema de peajes urbanos basado en tecnologías de reconocimiento automático de matrículas (ANPR) que llevan un registro y cobran a los vehículos que entran y salen del centro de la ciudad. Basándonos en otras iniciativas de peajes urbanos en ciudades como Londres, calculamos que habría un descenso de un 20% en el uso de automóviles.
3. **Nuevos vehículos:** Una serie de tecnologías ideadas en este estudio se centran en la sustitución de los autobuses urbanos y vehículos privados.
4. **Electricidad más limpia:** El último conjunto de tecnologías modeladas en este estudio se centra en una generación eléctrica más limpia en la ciudad mediante la implementación de soluciones eólicas y solares fotovoltaicas. Ya se han planeado las inversiones hasta el 2030.

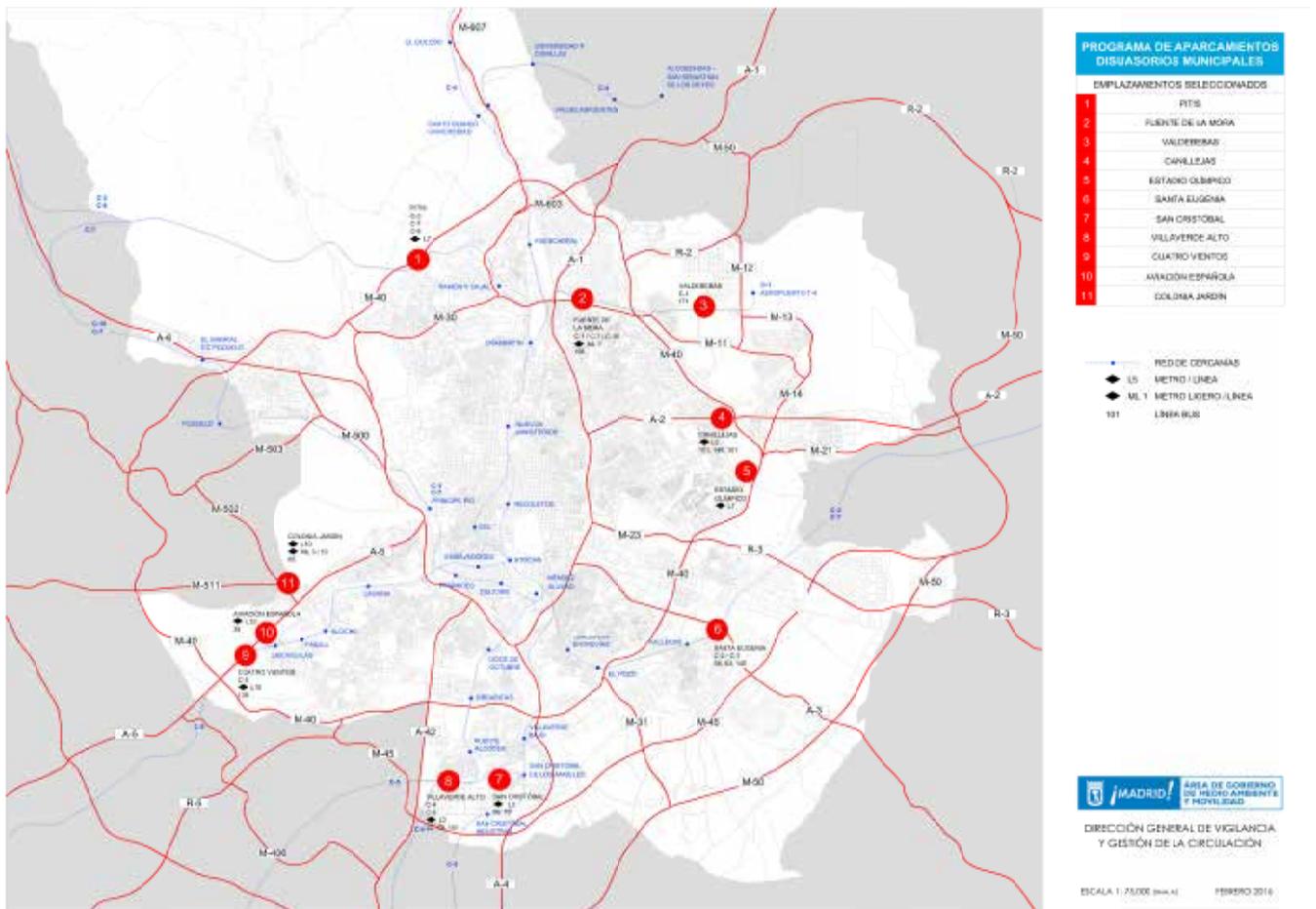


Figura 8: Mapa que muestra la ubicación de nuevos aparcamientos cerca de paradas situadas en la bifurcación entre carreteras principales y la circunvalación de la M-30 y M-40



| Escenario | Tecnología | Unidad de medida | 2030 Actividad habitual | 2030 CyPT Porcentaje de implementación | Tasas de implementación eficaz |
|-------------|--|--|-------------------------|--|--------------------------------|
| Escenario 1 | Aparcamientos disuasorios | % de cambio en la demanda de coches a trenes | 0.0% | 0.5% | 0.5% |
| Escenario 2 | Peajes urbanos (20%) | % de reducción del tráfico automovilístico | 0.0% | 20.0% | 20.0% |
| Escenario 3 | eBus (30%) | % de flota reemplazada | 1.0% | 30.0% | 29.0% |
| Escenario 3 | Automóvil eléctrico (10%) | % de coches reemplazados | 0.1% | 10.0% | 9.9% |
| Escenario 3 | Automóviles híbridos enchufables (10%) | % de coches reemplazados | 0.3% | 10.0% | 9.7% |
| Escenario 3 | e-taxi (70%) | % de taxis reemplazados | 1.0% | 70.0% | 69.0% |
| Escenario 3 | Ecoconducción (30%) | % de conductores formados | 0.0% | 30.0% | 30.0% |
| Escenario 3 | Autobús GNC (70%) | % de flota reemplazada | 41.3% | 70.0% | 28.7% |
| Escenario 4 | Energía eólica | % de consumo eléctrico | 19.6% | 25.0% | 5.4% |
| Escenario 4 | Fotovoltaica | % de consumo eléctrico | 4.6% | 10.0% | 5.4% |

Tabla 2: Emisiones relacionadas con los edificios y el transporte en las ciudades europeas en las que Siemens ha redactado informes CyPT. Madrid destaca por su elevada tasa de emisiones relacionadas con el transporte.



Acerca de Siemens

Las infraestructuras son un importante pilar para la economía de una ciudad y los proyectos de desarrollo urbano ayudan a crear una ciudad inteligente sostenible y habitable. Mediante tecnologías de infraestructuras automáticas e inteligentes, la experiencia de Siemens integra hardware y software para mejorar la calidad de vida, la competencia y la eficiencia en las zonas metropolitanas. Siemens creó el Centro Global de Competencia para Ciudades con el objetivo específico de satisfacer las necesidades de los planificadores urbanísticos e iniciar un diálogo estructurado y una evaluación del punto de partida con las autoridades urbanas.

Resultados CyPT

Emisiones de gases de efecto invernadero

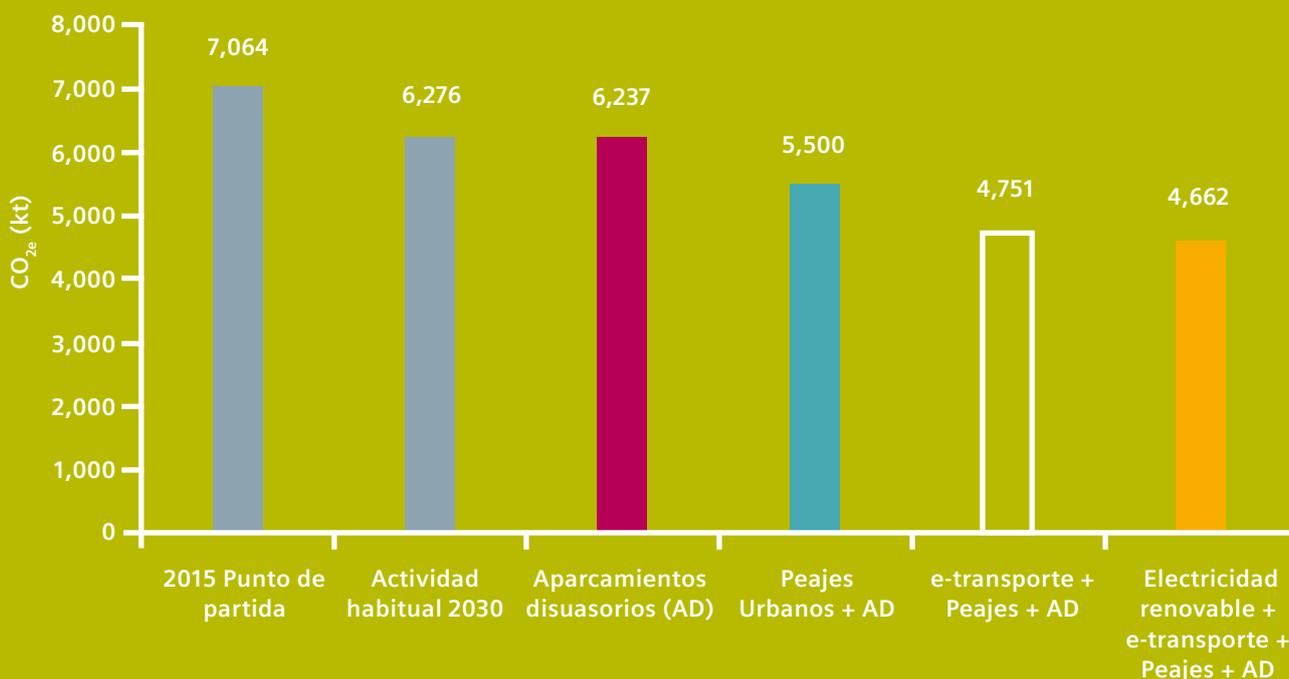


Figura 9: Reducciones de emisiones en cada escenario. Madrid puede lograr su objetivo de reducir las emisiones relacionadas con el transporte en un 20% hasta 2030 mediante las inversiones actuales y la iniciativa de peajes urbanos o transporte eléctrico. Los escenarios de aparcamientos disuasorios y energías renovables tendrán un impacto menor.

Actividad habitual:

Si no se realizara ningún tipo de inversión en las tecnologías estudiadas por CyPT, las emisiones anuales relacionadas con el transporte en la ciudad de Madrid disminuirán de 7 toneladas métricas en 2015 a 6,3 toneladas métricas en 2030, una reducción de un 10%, como se observa en la figura 9, al dar por sentado un aumento en el uso de vehículos y combustibles limpios en los próximos años. Esto es significativo, pero la ciudad seguiría a un 10% de cumplir el objetivo de reducción de emisiones relacionadas con el transporte en un 20% hasta 2030.

Con una mayor inversión:

Nuestro estudio ha demostrado que la ciudad puede conseguir su objetivo para 2030 mediante dos posibles opciones. La primera consiste en invertir en una iniciativa de peajes urbanos con el objetivo de reducir el uso de automóviles en un 20%. La segunda opción se centra en reemplazar todos los autobuses por vehículos de combustible alternativo, así como un porcentaje de los taxis y coches privados por vehículos de combustibles más limpios. Si se compara con la actividad habitual en 2030, los peajes suponen una reducción a mayores de un 11,8% en las emisiones y los vehículos limpios otro 12%.

Ahorro de carbono por tecnologías

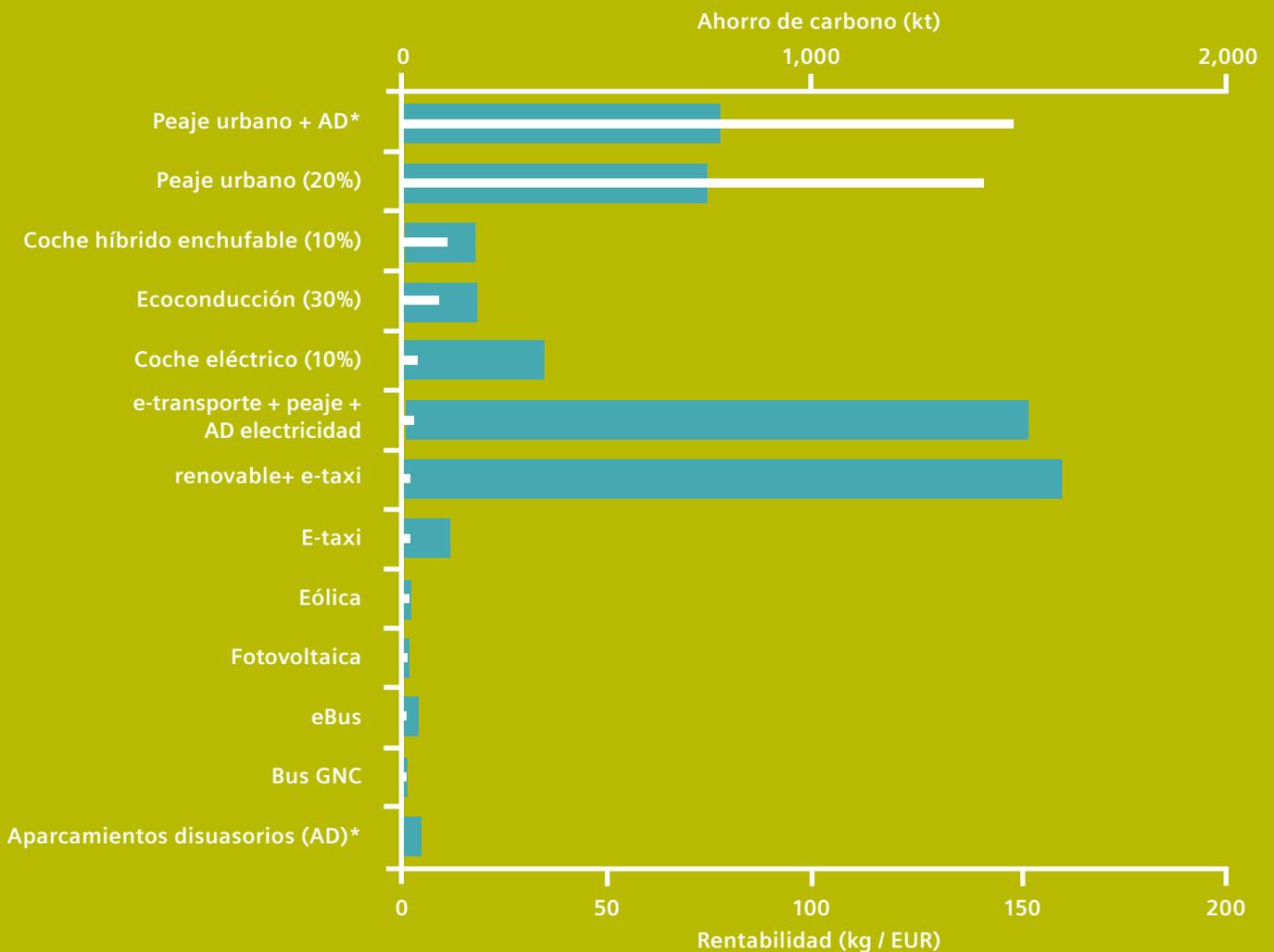


Figura 10: % ahorro CO_{2eq} para cada una de las tecnologías de transporte modeladas en el estudio. El % del eje y indica la tasa de implementación

*) No hemos calculado el CAPEX para la solución de aparcamientos disuasorios (AD).

Si observamos el rendimiento de cada tecnología, los peajes urbanos son, con diferencia, la solución con un mayor impacto, que permite reducir en más de un 12% las emisiones de CO_{2eq} hasta 2030. Las siguientes soluciones más efectivas serían la transición a vehículos más limpios y la modificación del estilo de conducción para ahorrar energía (ecoconducción). La formación para la ecoconducción y la sustitución de los vehículos actuales por vehículos eléctricos e híbridos enchufables podría reducir las emisiones anuales en casi un 10%.

Material particulado 10

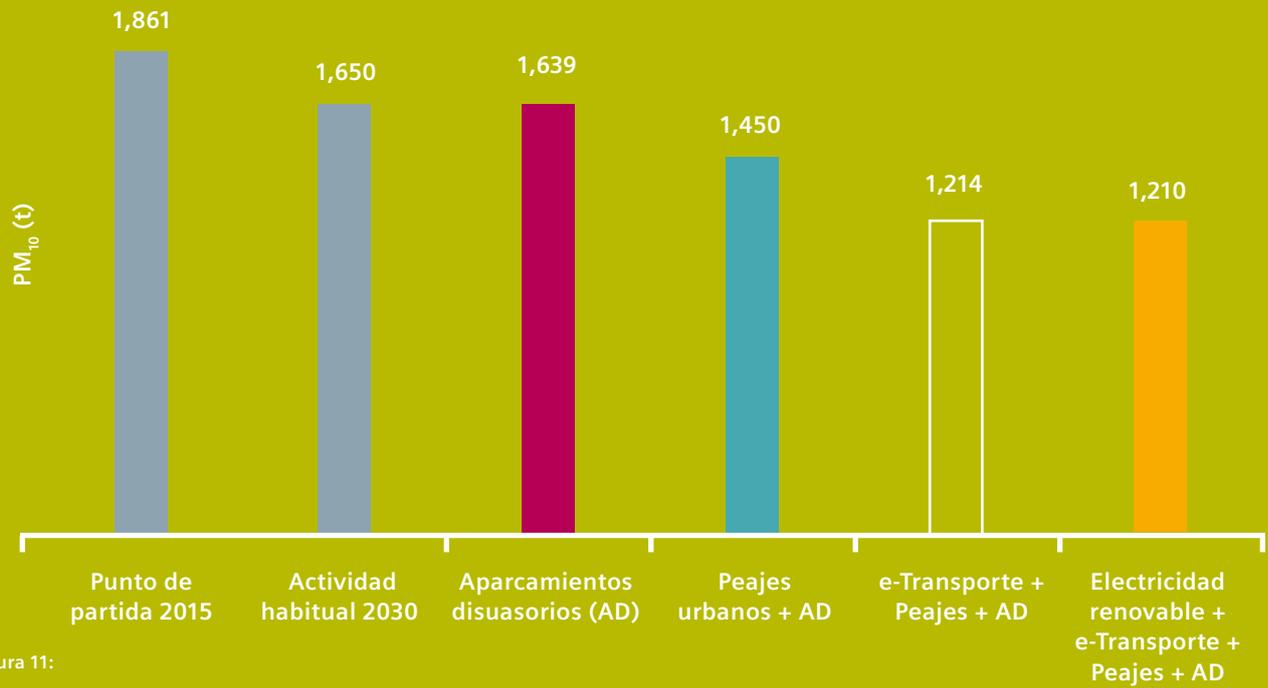


Figura 11:

Ahorro de PM₁₀ por tecnologías

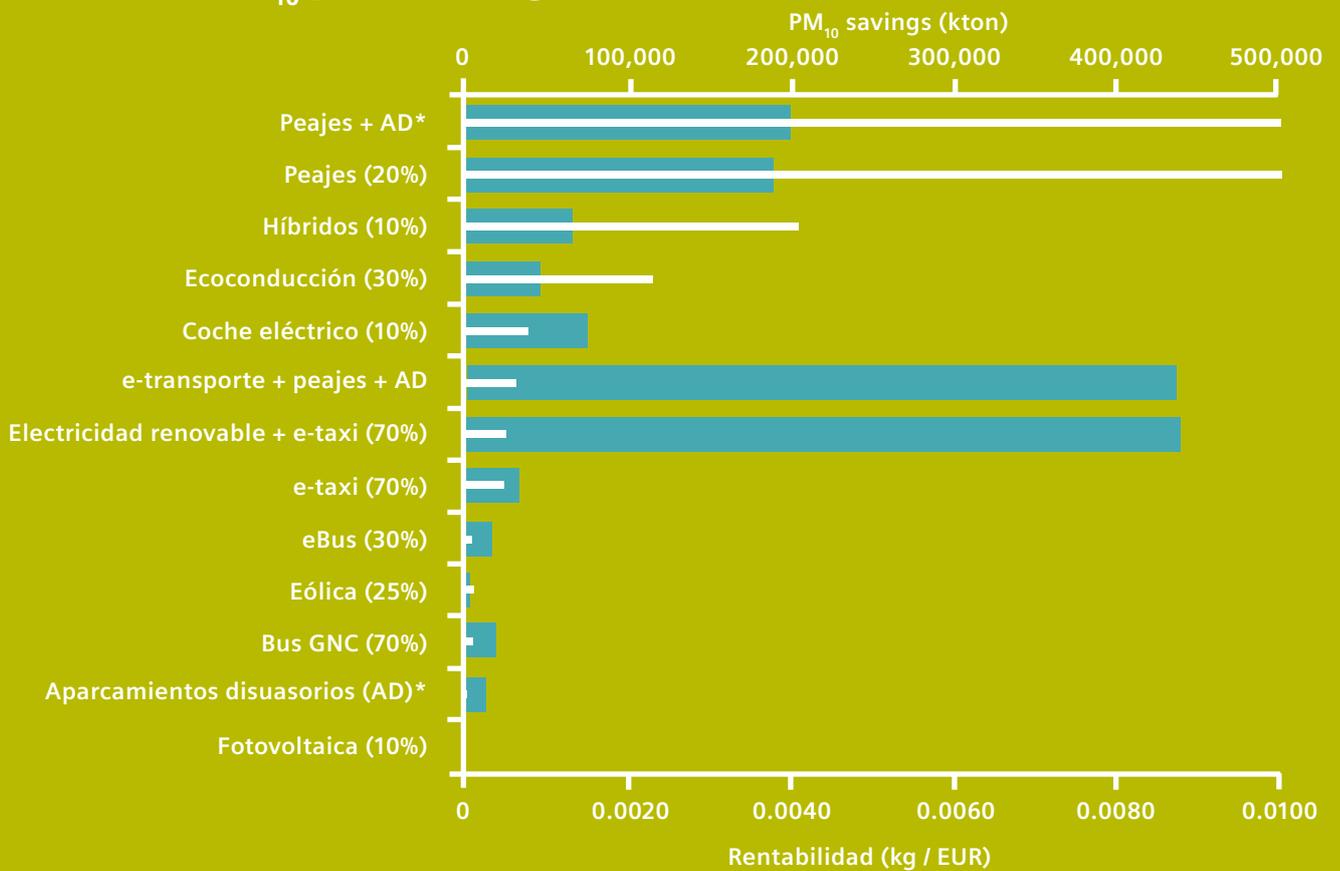


Figura 13: Rendimiento de escenarios y tecnologías en cuanto a ahorro en PM₁₀

*) No hemos calculado el CAPEX para la solución de Aparcamientos Disuasorios (AD)

NOx

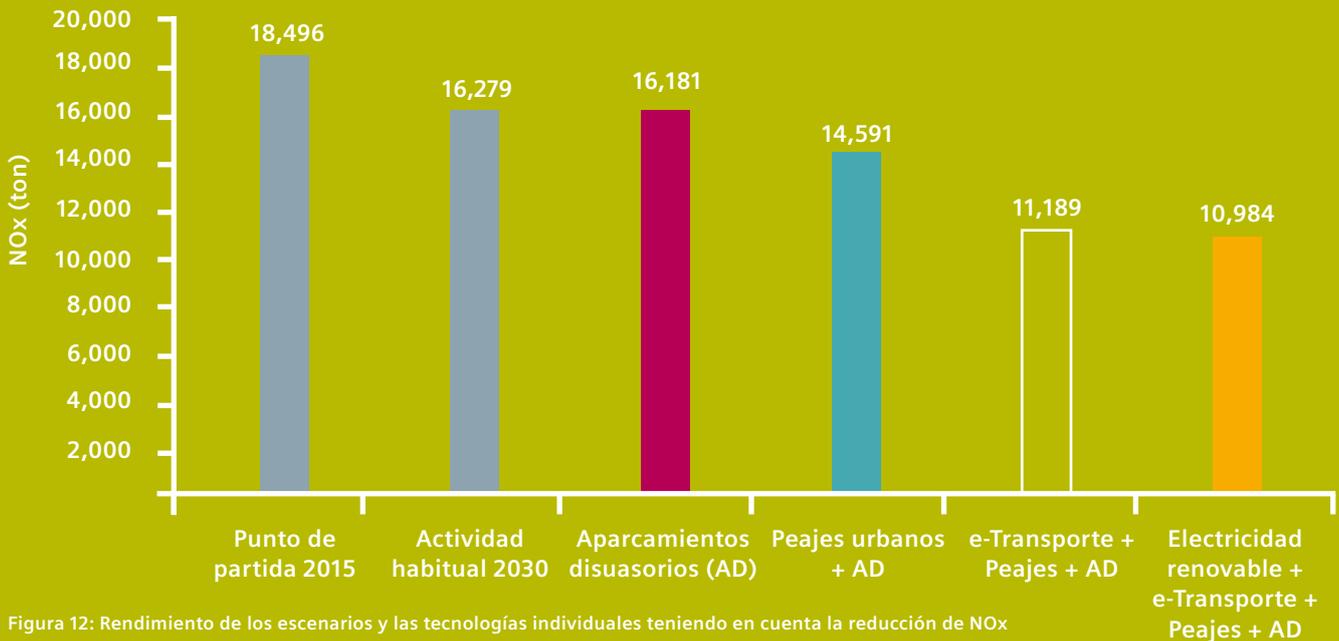


Figura 12: Rendimiento de los escenarios y las tecnologías individuales teniendo en cuenta la reducción de NOx

Ahorro de NOx por tecnologías

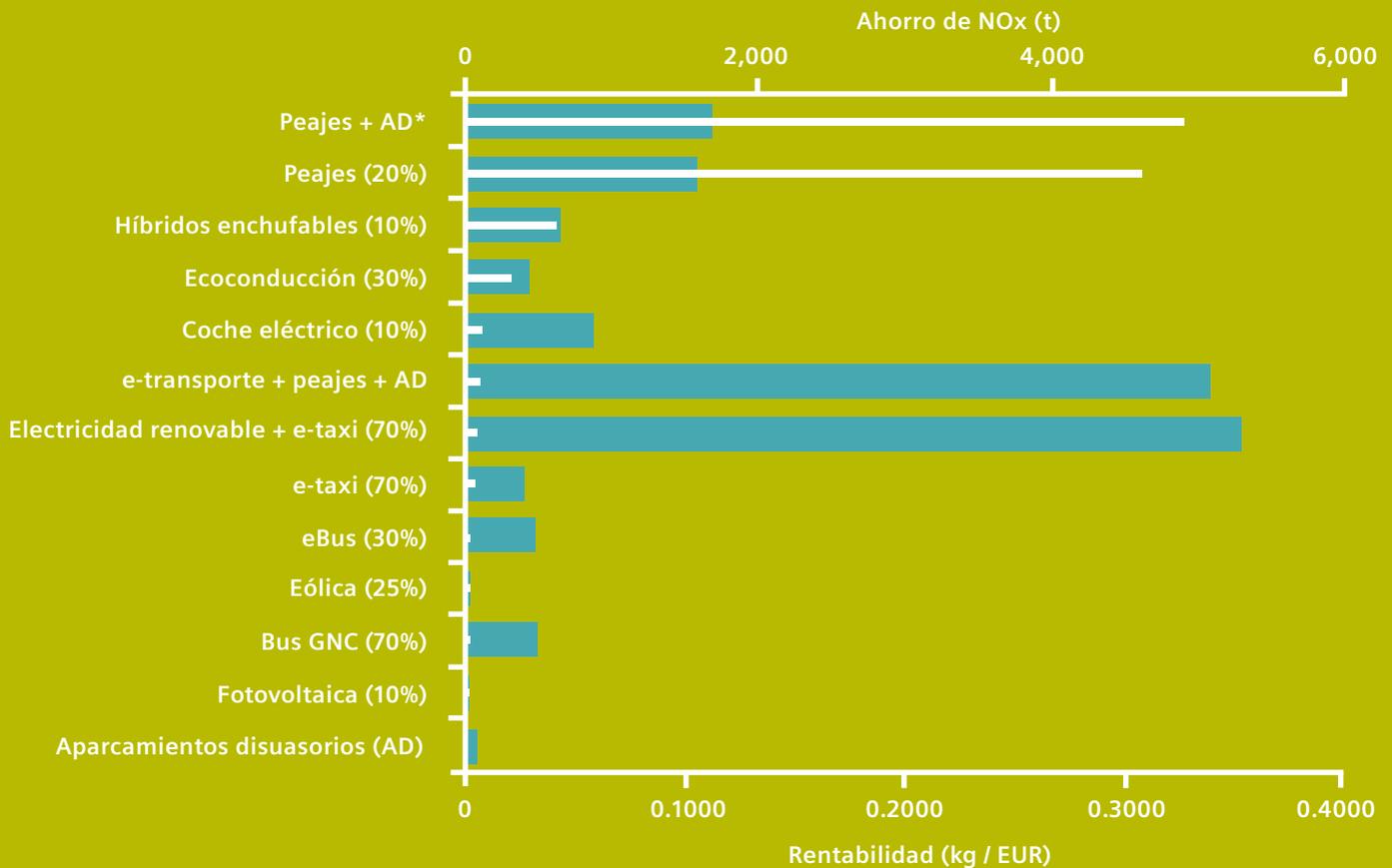


Figura 14: Rentabilidad de las tecnologías del transporte. Cuanto más larga sea la barra gris, más se reducen los contaminantes relevantes. Cuanto más larga sea la barra naranja, más rentable es la tecnología a la hora de reducir el contaminante teniendo en cuenta el capital invertido por la ciudad. (*) No hemos calculado el CAPEX para la solución de Aparcamientos disuasorios (AD).



| Tecnología | GHG % | PM ₁₀ % | NO _x % |
|--------------------------------|-------|--------------------|-------------------|
| Peajes urbanos (20%) | 11.8% | 11.5% | 9.8% |
| Coche eléctrico (10%) | 5.5% | 4.5% | 5.4% |
| Híbrido enchufable (10%) | 2.8% | 3.9% | 4.1% |
| Bus GNC (70%) | 0.1% | 1.1% | 3.1% |
| eBus (30%) | 0.6% | 1.0% | 3.1% |
| Ecoconducción (30%) | 2.8% | 2.8% | 2.7% |
| E-taxi (70%) | 1.7% | 1.9% | 2.2% |
| Aparcamientos disuasorios (AD) | 0.6% | 0.6% | 0.6% |
| Eólica (25%) | 0.2% | 0.1% | 0.2% |
| Fotovoltaica (10%) | 0.2% | 0.0% | 0.2% |

Tabla 3: Rendimiento de las tecnologías en los tres indicadores clave de rendimiento. % de ahorro



¿Cómo debería Madrid priorizar la implementación de estas tecnologías teniendo en cuenta los tres indicadores clave de rendimiento con respecto a la calidad atmosférica? La tabla 3 muestra el ahorro de cada una de las tecnologías en los tres indicadores clave. En verde tenemos cinco tecnologías con buenos resultados en todos los indicadores. Los peajes urbanos son, con diferencia, la solución con un mayor impacto, con más de un 10% de ahorro en las emisiones de $\text{CO}_{2\text{eq}}$, PM_{10} y NOx .

Aunque la iniciativa de aparcamientos disuasorios obtiene un ahorro muy reducido, no debe ser descartada, ya que reducirá la congestión y creará más opciones de transporte. La ciudad debe plantearse aumentar el número de plazas de aparcamiento (9500) analizadas en el estudio. Y esta debe ser, por supuesto, una solución provisional, ya que cada vez deberían utilizarse menos los automóviles y más el transporte público.

Aunque las soluciones alternativas para los autobuses consiguen reducciones considerables de NOx , la distribución modal relativamente baja de autobuses en la ciudad (ver figura 2) hace que estas soluciones sean menos efectivas. Sin embargo, los autobuses más limpios son un paso muy significativo y las ciudades deben tenerlos en cuenta para facilitar un mayor cambio en las percepciones.

Por último, a pesar de que las fuentes de energía alternativa puedan influir considerablemente en la huella de carbono de las emisiones de los edificios en Madrid, no tendrán un impacto significativo en las emisiones relacionadas con el transporte, ya que sólo una pequeña parte del sistema de transporte ferroviario está electrificado. No obstante, si Madrid desea abordar exhaustivamente la cuestión de la calidad atmosférica, el transporte ferroviario debe ser electrificado y debe haber incentivos como el programa Aparcamiento Disuasorio para motivar a la gente a utilizar el sistema ferroviario con más frecuencia. Esto es importante ya que, a día de hoy, sólo un 20% aproximadamente de los kilómetros anuales por pasajero se realizan en los trenes y metros regionales.

Sólo cuatro tecnologías mejoran la calidad del aire en un 20% hasta el 2020

Algunas de las ciudades del mundo líderes con respecto al clima han obtenido importantes logros en cuanto a la mitigación del efecto invernadero optando por las soluciones sobre las que tienen más autoridad y capacidad de control.

Para Madrid, aunque los objetivos para 2030 en cuanto a la reducción de los niveles de CO_2 estén claros y sean realistas, los contaminantes suponen un problema urgente que debe ser abordado en el presente. En este estudio, también hemos explorado una serie de soluciones rápidas que la ciudad podría comenzar a implementar para obtener beneficios en los próximos años hasta el 2020.

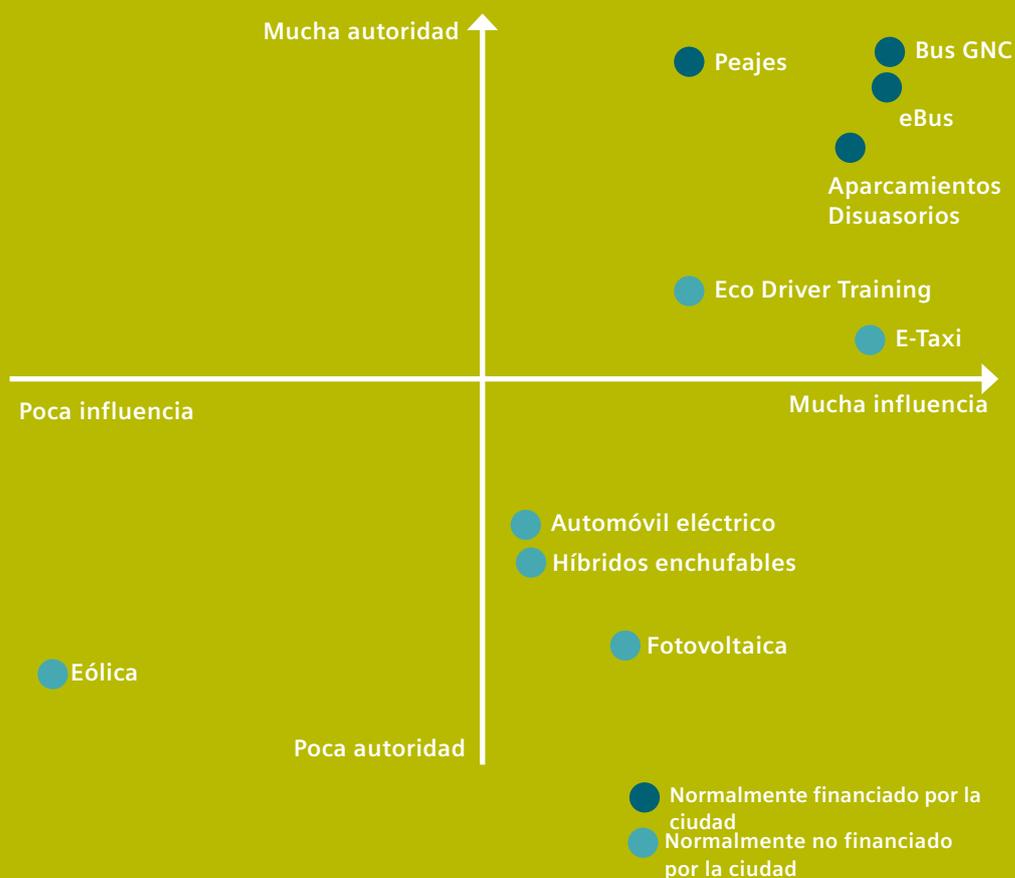
Elegimos sólo cuatro tecnologías basándonos en su alto potencial para mejorar la calidad del aire, así como en la autoridad relativa que tiene la ciudad para implementar cada solución.

La figura 15 es una evaluación de la autoridad que tiene una ciudad sobre el transporte público, y su habilidad de ejercer

su influencia e incentivar las compras de vehículos. Las cuatro tecnologías modeladas en este panorama a corto plazo están situadas en la parte superior derecha de la gráfica. Esto quiere decir que la ciudad tiene la autoridad necesaria para implementar esta tecnología o ejerce una gran influencia en las empresas y hogares para que inviertan en la solución.

Los resultados de este panorama a corto plazo muestran que la ciudad puede reducir sus niveles de PM_{10} y CO_2 en un 20% y los niveles de NO_x en un 25% en comparación con los niveles anuales en la actualidad. Las tecnologías situadas en el último cuadrante de la lista, junto con los vehículos de combustible alternativo, pueden ser fomentadas por la ciudad inmediatamente mediante una serie de iniciativas. En el apartado "estudios de caso" presentamos una serie de enfoques internacionales para alcanzar este objetivo.

Figura 15: Análisis de Siemens sobre la influencia y autoridad que tiene la ciudad sobre la implementación de tecnologías. Con autoridad os referimos a una tecnología que normalmente será financiada por la ciudad. Con influencia nos referimos a la capacidad que tiene una ciudad de trabajar con socios para implementar una solución. Hemos dado por sentado que la ciudad tendrá autoridad plena a la hora de adquirir nuevos autobuses, pero tendrá una autoridad reducida a la hora de implementar peajes urbanos, que requerirían la aceptación de muchas partes. Aunque la ciudad tiene menos autoridad sobre las compras de vehículos privados y la formación de los conductores, ejercerá una mayor influencia a la hora de establecer un reglamento que permita instalar paneles fotovoltaicos en los tejados en comparación con la gran inversión de capital en la energía eólica de las empresas de servicios.



| Situación a corto plazo | Unidad | Tasas de implementación |
|----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| eBus | Flota de autobuses | 30% |
| Formación en ecoconducción | Conductores | 30% |
| Bus GNC | Flota de autobuses | 70% |
| Peajes urbanos | Reducción del tráfico | 20% |

Tabla 4: Mejoras en la calidad del aire en 2020 mediante cuatro tecnologías que la ciudad puede implementar gracias a su considerable autoridad al respecto

Estudios de caso – Alternativas de combustible para los vehículos

Oslo

Noruega se ha perfilado como el mayor mercado de coches eléctricos del mundo, con más de un 11% de la cuota de mercado. Con sólo 5,1 millones de habitantes, Noruega representa un tercio de las ventas europeas de coches eléctricos, encontrándose en Oslo la mayor concentración del país. Hay varios incentivos nacionales que promueven el uso de estos vehículos en Noruega. Los coches enteramente eléctricos están exentos de tasas extraordinarias, incluidos los impuestos de compra, que son extremadamente altos para los coches ordinarios, y los consumidores se benefician de un 25% de IVA al realizar la compra. Este incentivo hace que el precio de los vehículos eléctricos resulte muy competitivo con respecto a los coches de gasolina y diésel, que pueden ser relativamente caros en Noruega debido al oneroso régimen fiscal. Los vehículos eléctricos también están exentos del impuesto anual de carreteras, de todas las tasas de aparcamiento y de los peajes en carretera y ferry. Además, los conductores de coches eléctricos pueden hacer uso del carril bus, lo cual agiliza el trayecto; pagan menos por los seguros y los gobiernos locales subvencionan la instalación de puntos de carga en los hogares. Estos incentivos estarán vigentes hasta 2018 o hasta que se alcance el objetivo de 50 000 VE.

Rotterdam

El programa Rotterdam Eléctrico, lanzado por la ciudad de Rotterdam en 2012, pretende fomentar y agilizar el desarrollo del mercado de movilidad eléctrica. Se han establecido varios incentivos, como la provisión de una red de estaciones de carga en Rotterdam. Los propietarios de vehículos eléctricos aparcados en una propiedad privada (la entrada o el garaje) pueden solicitar una subvención para la compra del material necesario para una estación de carga eléctrica, hasta un máximo de 1000 € por estación. Si se emplea energía limpia para cargar el vehículo, el ayuntamiento reembolsará los costes energéticos durante el primer año de uso de la estación, hasta un total de 450 €.

Los propietarios de un vehículo eléctrico que no puedan aparcar en su propia propiedad pueden solicitar a la ciudad de Rotterdam que les facilite una estación de carga pública. El ayuntamiento instalará dicha estación en un aparcamiento o en una calle próxima al solicitante. Si la estación se sitúa en una zona de aparcamiento de pago, el solicitante recibirá el coste del permiso de aparcamiento durante el primer año, hasta un máximo de 678 €. La ciudad de Rotterdam también ofrece a las empresas incentivos de eliminación de vehículos de 2500 € que, si se suman a otras subvenciones estatales, pueden reducir el precio de un e-NV200 Visia Flex hasta 4950 €. El mismo descuento puede reducir el precio de un Nissan LEAF nuevo de 24 110 € a sólo 7450 €, lo cual supone que los vehículos eléctricos resulten más económicos que los convencionales.

San Francisco

La ciudad de San Francisco presume de ser la que tiene más vehículos eléctricos per cápita y cargadores por vehículo en Estados Unidos. La disponibilidad de estaciones de carga sigue siendo uno de los principales argumentos en contra de la compra de vehículos eléctricos. Para abordar este problema, la ciudad de San Francisco ofrece como incentivo a los usuarios cargadores para el sector privado, para que quien desee instalarlos pueda hacerlo sin dificultades burocráticas. Al mismo tiempo, proporciona subvenciones estatales y agiliza los procesos de permisos.

Además, el estado de California acaba de aprobar un Código de Edificación que exige que un determinado porcentaje de nuevas construcciones tenga la obligación de incluir el cableado para los cargadores de vehículos eléctricos.

San Francisco también está redactando su propio código, que incluirá normas de construcción incluso más estrictas a favor de la movilidad eléctrica. Además, la ciudad ha instalado tres estaciones de carga solares y autónomas que permiten a los propietarios de vehículos eléctricos detenerse y cargar los coches de forma gratuita.



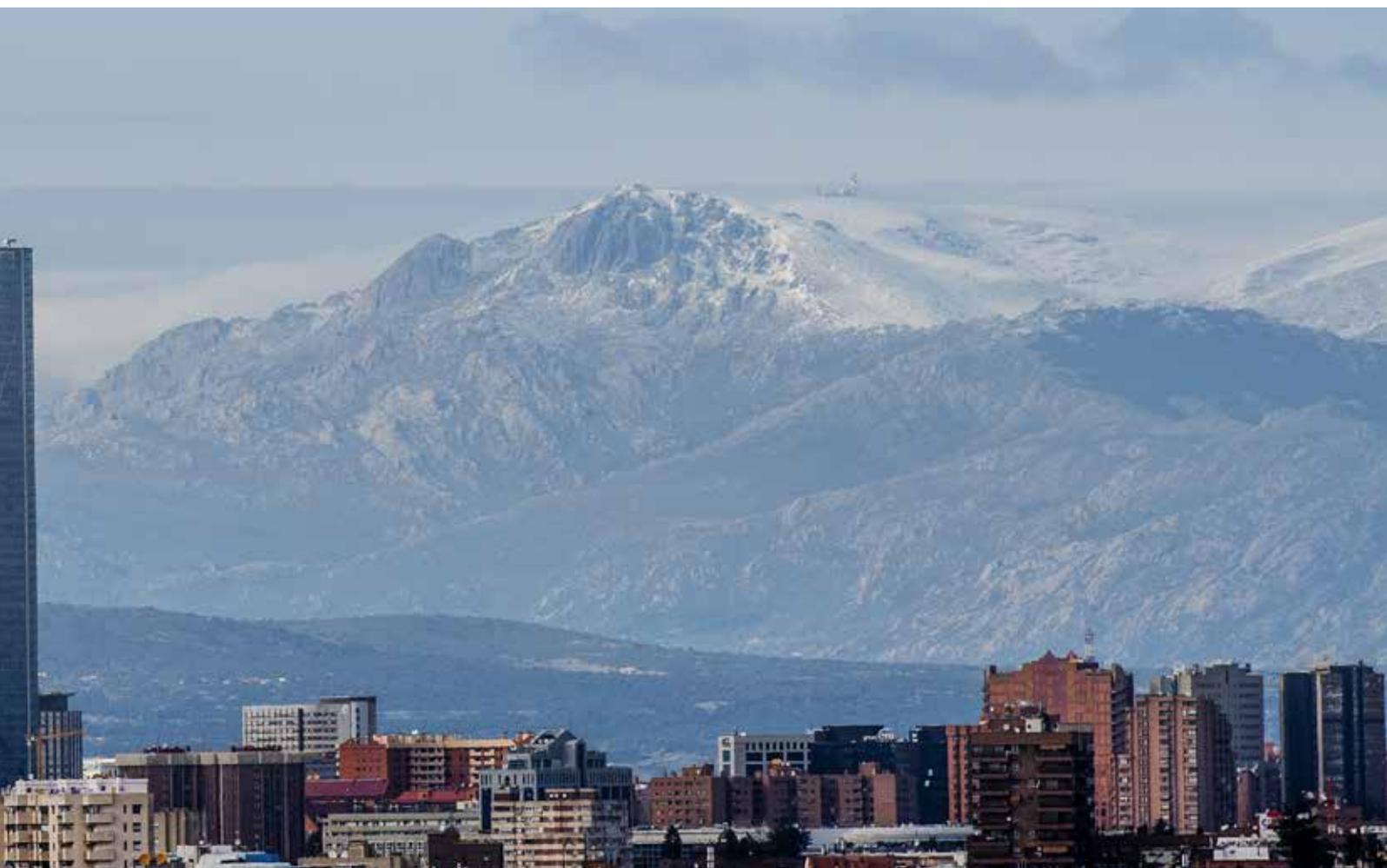
Conclusión: Generar el cambio



Este informe ha analizado una serie de formas en las que Madrid puede reducir los contaminantes atmosféricos nocivos de manera ágil y realista. A día de hoy, las emisiones relacionadas con el transporte representan más de un 40% de la huella de emisiones de la ciudad. La gran mayoría de dichas emisiones están relacionadas con el uso de los automóviles, que causa más de un 80% de los contaminantes de CO_2 , PM_{10} y NO_x . Para que Madrid pueda alcanzar su objetivo de lograr la autonomía social y económica de sus ciudadanos, debe abordar el problema de la mala calidad del aire.

A corto plazo, año 2020

- Madrid podría alcanzar su objetivo de emisiones a corto plazo si se toman medidas ahora. Esto implicaría que la ciudad tendría que abordar los temas en los que ejerce una mayor influencia en un principio, reduciendo significativamente el tráfico en las zonas más contaminadas, quizás mediante un sistema de peajes. La ciudad tendría que sustituir por completo los vehículos públicos por vehículos con combustible alternativo y proporcionar información y formación acerca de las maneras más eficientes de conducir los coches.
- Como se observa en la figura 13, dos de estas tecnologías (los peajes urbanos y la formación en ecoconducción) son también una forma muy rentable de reducir los contaminantes atmosféricos y, lo que es más importante, obtienen los beneficios necesarios a largo plazo que supone la reducción de CO_2 y reducen los contaminantes atmosféricos en la ciudad a corto plazo, en los próximos cinco años.
- A corto plazo, Madrid debe también comenzar a implementar su plan para los automóviles eléctricos. Esto incluye promocionar los beneficios que supone conducir un coche eléctrico, como el aparcamiento gratuito. La ciudad debe también garantizar que haya puntos de carga para coches eléctricos en la ciudad y en otros lugares de España. A corto plazo es poco probable que haya puntos de carga en todo el país, así que tendría sentido lograr la transición con los coches de ciudad y centrarse en las familias en las que haya dos coches, introduciendo el concepto del "coche de ciudad eléctrico".



Objetivo 2030

- Los resultados de nuestro estudio indican que Madrid puede cumplir con sus objetivos de emisiones de gases de efecto invernadero para 2030, independientemente de si se logra o no alcanzar el ambicioso objetivo para 2020.
- Nuestro estudio de actividad habitual indica que es probable que se obtenga una reducción natural de un 10% en las emisiones de carbono debido al mejor rendimiento de los automóviles.
- El 20% o 30% restante del ahorro podría lograrse mediante el sistema de peajes, que lograría reducir las emisiones en un 20%.
- Madrid tiene otra opción para lograr el ahorro necesario. Consistiría en lograr la transición de todos los autobuses públicos, un 70% de los taxis y un 20% de los coches privados a vehículos de combustible alternativo.
- Desde el punto de vista de la calidad del aire, las tecnologías con un mayor impacto son los peajes urbanos, los coches eléctricos, los híbridos enchufables, los e-taxis y los programas de formación en ecoconducción.

Mejorar la calidad atmosférica de Madrid exigirá medidas contundentes y una infraestructura local que pueda fomentar el uso de coches eléctricos. Las mejores opciones que tiene Madrid para mejorar la calidad del aire son las que se mencionan a continuación. En primer lugar, implementar un sistema de peajes para reducir el número de automóviles en el centro de la ciudad. Esta decisión también tendrá efectos positivos para la congestión local y puede agilizar el movimiento de los autobuses en la ciudad. La segunda medida clave consiste en que la ciudad cree incentivos para lograr el mayor consumo posible de vehículos de combustible alternativo. Las medidas llevadas a cabo por la ciudad y el hecho de que los habitantes de Madrid cambien su forma de desplazarse, ya sea haciendo un mayor uso del transporte público o adquiriendo vehículos más limpios, pueden contribuir a limpiar el aire de Madrid y convertirla verdaderamente en una ciudad para sus ciudadanos.

Anexo: Glosario tecnológico



Autobuses eléctricos

Una parte de la flota de autobuses es operada por vehículos con batería eléctrica. Los vehículos con batería eléctrica no producen emisiones de gases de escape. Reducción significativa de las emisiones PM_{10} y NOx locales. Se implementa una infraestructura de carga. La electricidad utilizada para la carga se genera en función de la generación eléctrica general local.

Coches eléctricos

Una parte de los vehículos de combustión convencional es reemplazada por vehículos con batería eléctrica. Los vehículos con batería eléctrica no producen emisiones de gases de escape. Reducción significativa de las emisiones PM_{10} y NOx locales. Se implementa una infraestructura de carga. La electricidad utilizada para la carga se genera en función de la generación eléctrica general local.

Taxis eléctricos

Una parte de los vehículos de combustión convencional es reemplazada por vehículos con batería eléctrica. Los vehículos con batería eléctrica no producen emisiones de gases de escape. Reducción significativa de las emisiones PM_{10} y NOx locales. Se implementa una infraestructura de carga rápida. La electricidad utilizada para la carga se genera en función de la generación eléctrica general local.

Coches híbridos enchufables

Una parte de los vehículos de combustión convencional es reemplazada por vehículos eléctricos híbridos enchufables en el año proyectado. Pequeño motor de combustión para la demanda energética de base combinado con un accionamiento eléctrico para la aceleración y la recuperación de energía de frenado. La demanda energética se reduce debido a la mayor eficiencia del motor de combustión, que



funciona de forma óptima, y a la recuperación de la energía de frenado y las emisiones relacionadas.

Autobuses GNC

Una parte de los vehículos de combustión convencional es reemplazada por vehículos de gas natural comprimido. Reducción de las emisiones PM_{10} y NOx locales. Se reduce la demanda energética debido a la mayor eficiencia del motor de combustión y a las emisiones relacionadas.

Ecoconducción

La formación en técnicas de ecoconducción promueve la sensibilización acerca del comportamiento del conductor, aumentando el ahorro de combustible medio en los automóviles de la ciudad.

Influencia en la reducción de emisiones: Los efectos dependen de la distribución modal de los automóviles. La reducción de demanda energética por persona por kilómetro da lugar a una reducción de las emisiones relacionadas.

Peajes urbanos

Simulación del establecimiento de una zona de peaje en la ciudad. El cobro podría efectuarse cuando se alcance cierto nivel de polución, para conseguir la reducción del uso de automóviles y motos en la ciudad.

Influencia en la reducción de emisiones: Trasvase modal a métodos de transporte de emisiones reducidas. Los efectos dependen de la distribución modal actual y la generación eléctrica.

Siemens puede trabajar conjuntamente con el gobierno y las ciudades para desarrollar e implementar soluciones tecnológicas en una amplia gama de sectores.

Centro Global de Competencias para Ciudades

The Crystal
1 Siemens Brothers Way
Royal Victoria Dock
Londres
E16 1GB

Todos los derechos de autor pertenecen a Siemens plc. La reproducción total o parcial del material requiere el consentimiento expreso del editor.

Si bien se ha hecho todo lo posible para verificar la exactitud de la información contenida en este documento, ni Siemens plc ni sus filiales pueden aceptar responsabilidad alguna por el uso que cualquier persona pudiera dar a esta información.

© Siemens plc 2017

Para obtener más información acerca de este informe, póngase en contacto con:

Francisco Rincón
Siemens Spain
email: francisco.rincon@siemens.com

Klaus Heidinger
Centro Global de Competencias para Ciudades
email: klaus.heidinger@siemens.com

Macarena Vila-Onieva
Centro Global de Competencias para Ciudades
macarena.vila-onieva@siemens.com

