

1. Estado del arte de sistemas de regulación de acceso de vehículos urbanos

1.1. ¿Qué son las regulaciones para el acceso urbano de vehículos o UVAR (por sus siglas en inglés de Urban Vehicle Access Regulations)?

Son reglas para el regular el tráfico que accede a las ciudades. Las regulaciones también pueden verse como restricciones o prohibiciones. Se implementan para mejorar las condiciones que afectan a la calidad de vida de las ciudades (como la calidad del aire o las emisiones, la salud, ellos niveles de ruido, la seguridad, etc.).

2. ¿Qué tipo de Reglamento de Acceso a Vehículos Urbanos existen?

A continuación, se describen los seis principales tipos de restricciones:

2.1. Zonas de Baja Emisión (ZBE) o LEZ (por sus siglas en inglés de Low Emission Zone)

Las ZBE son áreas en las que se regulan los vehículos más contaminantes. Por lo general, esto significa que los vehículos con emisiones más altas no pueden entrar en la zona o deben realizar compensaciones económicas que varían en función del Factor de Emisión del vehículo, por entrar o por el tiempo que permanecen dentro de la zona.

El número de ZBE en Europa están aumentando mucho debido a las normativas y regulaciones europeas que están anunciándose a partir de 2023, donde todas las ciudades con más de 50.000 habitantes deberán contar con ZBE.

Las ZBE son a menudo la **medida más efectiva** para mejorar la calidad de vida de la ciudad gracias a que las ZBE logran reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO₂) y de otros contaminantes como partículas sólidas (PM_{2,5} y PM₁₀), dióxido de nitrógeno (NO₂) y ozono (indirectamente), entre otros impactos positivos que logran.

Las características generales más comunes de las ZBE son:

a) Superficie afectada: abarcan un área determinada, pero en ocasiones se limitan a calles específicas o a vías concretas (autopistas);

b) Horario de Funcionamiento: 24 horas al día los 365 días al año; pero a veces se limita a unas horas concretas del día (por ejemplo, horario laboral).

c) Tecnología utilizada:

- i. GPS en combinación de etiqueta ecológica (que evalúa si puede o no acceder en base a sus emisiones) permitiendo identificar no solo el acceso a la ZBE sino también la distancia recorrida en su interior (esto permite tarifar las emisiones producidas dentro de la ZBE),
- ii. Cámara de identificación de matrícula asociado a su etiqueta ecológica permitiendo únicamente tarifar la entrada y/o salida del vehículo en la ZBE y en caso de identificar la salida, también el tiempo que ha pasado dentro de la ZBE, pero no de la distancia recorrida y por lo tanto ni de sus emisiones dentro de la ZBE.
- iii. Espiras electromagnéticas como sistema de validación y complementación de la tecnología anterior.

d) tipos de vehículos/viajes afectados: Puede afectar a diferentes tipos de vehículos (por ejemplo, solo coches y otros vehículos de uso privado, o camiones pesados). También puede afectar a tipo de viaje, como por ejemplo solo a viajes de entrega de pedidos.

2.2. Zonas de Cero Emisiones (ZCE) o ZEZ (por sus siglas en ingles de Zero Emission Zone)

La ZCE es una variante de la ZBE donde solo se permite la entrada de vehículos con cero emisiones como vehículos 100% eléctricos o con pila de combustible de hidrógeno. En algunos casos puede permitirse la entrada parcial o limitada a vehículos híbridos enchufables. Las ZEC también pueden estar libres de tráfico o zonas peatonales o donde solo pueden acceder vehículos sin motor.

2.3. Peaje urbano

Los peajes urbanos son áreas donde la entrada de los vehículos está sujeta a pago. Esto generalmente se hace para reducir la congestión del tráfico o los atascos en la ciudad, pero también puede ser el objetivo la mejora de otros problemas de la ciudad, como la calidad del aire, el ruido, etc. El dinero recaudado de los peajes urbanos se suele gastar en mejorar el transporte público dentro y alrededor de la ciudad.

Los peajes urbanos que impiden la entrada de los vehículos más contaminantes se catalogan como ZBE o ZEC y los que exigen permisos u otros reglamentos se catalogan como Reglas de Acceso.

a) Superficie afectada: puntos concretos, calles o puentes individuales que suelen recoger las entradas/salidas de la ciudad. En caso de tener todas las entradas/salidas reguladas, la superficie afectada sería la comprendida dentro del polígono que forman estos puntos.

b) Horario de Funcionamiento: Generalmente regula las horas concretas del día que mayores problemas de tráfico se generan en la ciudad (por ejemplo, horario laboral). Pero también puede estar en operación las 24 horas del día los 365 días al año o solo los días de mayor tráfico.

c) Tecnología utilizada:

- i. Cámara de identificación de matrícula donde se debe pagar una tarifa de antemano (normalmente hasta el final del día) por internet, por teléfono o por cabina de pago.
- ii. GPS permite mejorar la tarificación para ajustarla la distancia recorrida por la ciudad.
- iii. Transpondedor electrónico que se hayan instalado los vehículos que tengan acceso o hayan pagado la tarifa correspondiente al periodo de tiempo específico (mensual o anual).
- iv. Cámara termográfica para carril Bus/VAO donde solo pueden circular Autobuses y Vehículos con Alta Ocupación (VAO) que permite identificar vehículos que no cumplan estas condiciones e imponer sanciones.
- v. Espiras electromagnéticas como sistema de validación y complementación de la tecnología anterior.

d) tipos de vehículos/viajes afectados: Puede afectar a diferentes tipos de vehículos (por ejemplo, solo coches y otros vehículos de uso privado, o camiones pesados). También puede afectar a tipo de viaje, como por ejemplo solo a viajes de entrega de pedidos.

2.4. Emergencia de contaminación del aire

Este sistema de regulación se basa en la aplicación de restricciones y prohibiciones mediante cualquiera de las tecnologías anteriores, pero en función de las condiciones ambientales previstas, o tras un número determinado de superaciones de los niveles objetivo de alguno de los contaminantes medidos por las estaciones oficiales de monitoreo de calidad del aire dentro de la zona objetivo (puede tratarse de un área específica, de un municipio entero o de una región entera).

2.5. Otras regulaciones de acceso

Otras posibles regulaciones de acceso son:

a) Zonas de tráfico limitado, donde solo se permite el acceso de un número específico de vehículos, que a menudo se requiere de permisos concretos. En ocasiones, la regulación se realiza permitiendo el acceso días específicos de la semana (por ejemplo, las matrículas pares solo pueden entrar lunes, miércoles y viernes y las impares martes, jueves y sábado).

b) Prohibiciones de acceso a vehículos pesados (Camiones > 3.500 kg). En la mayoría de ocasiones se permite el acceso durante las horas nocturnas que es donde menos problemas de tráfico suelen haber.

- c) Restricciones para cierto tipo de vehículos o tipo de viaje (como los ya mencionados de viajes de entrega de los vehículos de reparto de pedidos y logística).
- d) Ventanas de tiempo de acceso y entrega de vehículos de reparto de pedidos y logística (con requisitos de permisos).
- e) Restricciones sobre estacionamiento. Con diferente tarifación en función de la zona, tipo de vehículo, día y hora.
- f) Restricciones de acceso y/o estacionamiento sobre tipo de conductor (por ejemplo donde solo se permite el acceso a residentes).

2.6. Otras regulaciones más pequeñas.

Otras regulaciones más pequeñas abarcan zonas peatonales del centro de la ciudad o zonas comerciales y/o históricas, calles individuales donde el acceso de ciertos vehículos esta prohibido, áreas calmadas por el tránsito (por ejemplo, zonas escolares con velocidad máxima de hasta 10 km/h durante las horas de entrada y salida de los estudiantes).

2.7. Combinación de diferentes sistemas de regulación

También es posible la combinación de los diferentes sistemas de regulación mencionados.

Finalmente, en la siguiente tabla se muestra una comparación entre las diferentes tecnologías disponibles descritas para los diferentes sistemas de regulación del acceso de vehículos.

Tabla. Tabla comparativa entre las tecnologías disponibles para los diferentes sistemas de regulación del acceso urbano de vehículos.

	Válido para ZBE/ZCE (SI/NO)	Válido para Peaje Urbano (SI/NO)	Válido para Bus/VAO (SI/NO)	Requiere Instalación de Hardware en el vehículo (SI/NO)	Requiere Instalación de Hardware en la ciudad (SI/NO)	Coste de Operación y Mantenimiento (Alto/Medio/Bajo)	Coste de Instalación del sistema (Alto/Medio/Bajo)	Capacidad de tarifar Fijo+Variable por km recorrido (SI/NO)
Cámara de identificación de matrícula	SI	SI	NO	NO	SI	Alto	Medio	NO
Sistema GPS	SI	SI	NO	SI	NO	Alto	Alto	SI
Transpondedor electrónico	SI	SI	NO	SI	SI	Medio	Alto	NO
Cámara Termográfica	NO	NO	SI	NO	SI	Medio	Medio	NO
Espiras Electromagnéticas	SI	SI	SI	NO	SI* (Ya instalado)	Bajo	Bajo	NO

3. Estado de implementación de los diferentes sistemas de regulación para el acceso urbano de vehículos en Europa.

3.1. Zona de Bajas Emisiones (ZBE).

El estado de implementación de las Zonas de Bajas Emisiones alrededor de Europa esta en incremento debido a la normativa europea que anuncia que a partir de 2023 todas las ciudades con más de 50.000 habitantes deberán contar con ZBE. Actualmente las ZBE europeas están concentradas en su mayoría en el centro de Europa y Reino Unido.

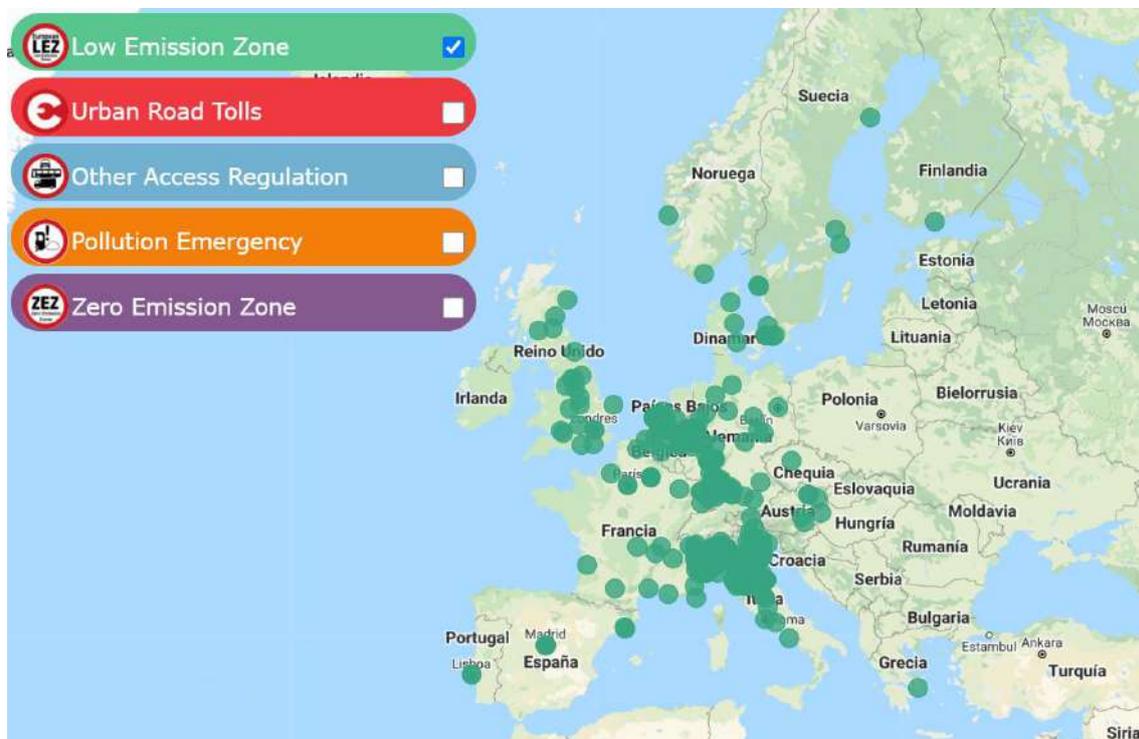


Figura 1. Ubicación de las Zonas de Bajas Emisiones en Europa.

3.2. Peaje Urbano

El estado de implementación de los Peajes Urbanos alrededor de Europa se encuentra menos desarrollado que las ZBE. Sin embargo, la combinación de ambos sistemas de regulación ofrece mejores resultados ya que no solo reduce los vehículos más emisores sino también el número total de vehículos, potenciando así los beneficios logrados. Concretamente en España, no contamos con ningún sistema de Peaje Urbano implementado.

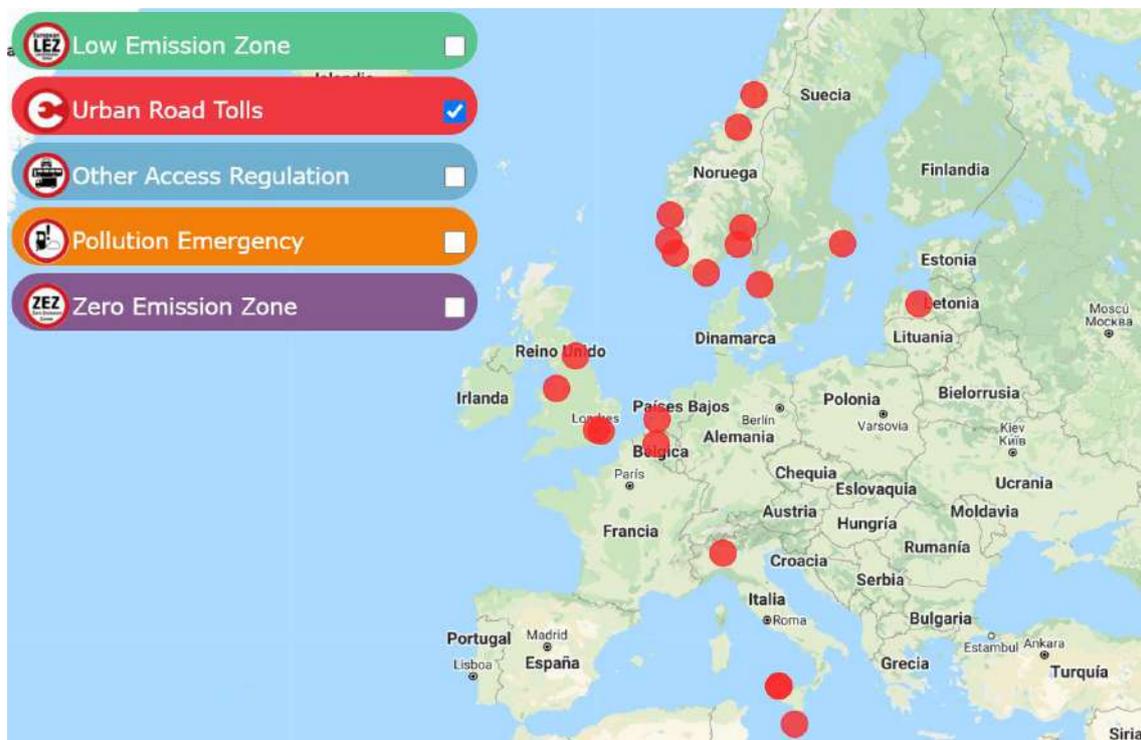


Figura 2. Ubicación de los Peajes Urbanos en Europa.

3.3 . Otros sistemas de Regulación de acceso

El estado de implementación de otros sistemas de regulación es muy variable y extendido. Muchos de estos sistemas se centran en limitar el acceso de vehículos pesados durante las horas de día y restricciones sobre estacionamiento.

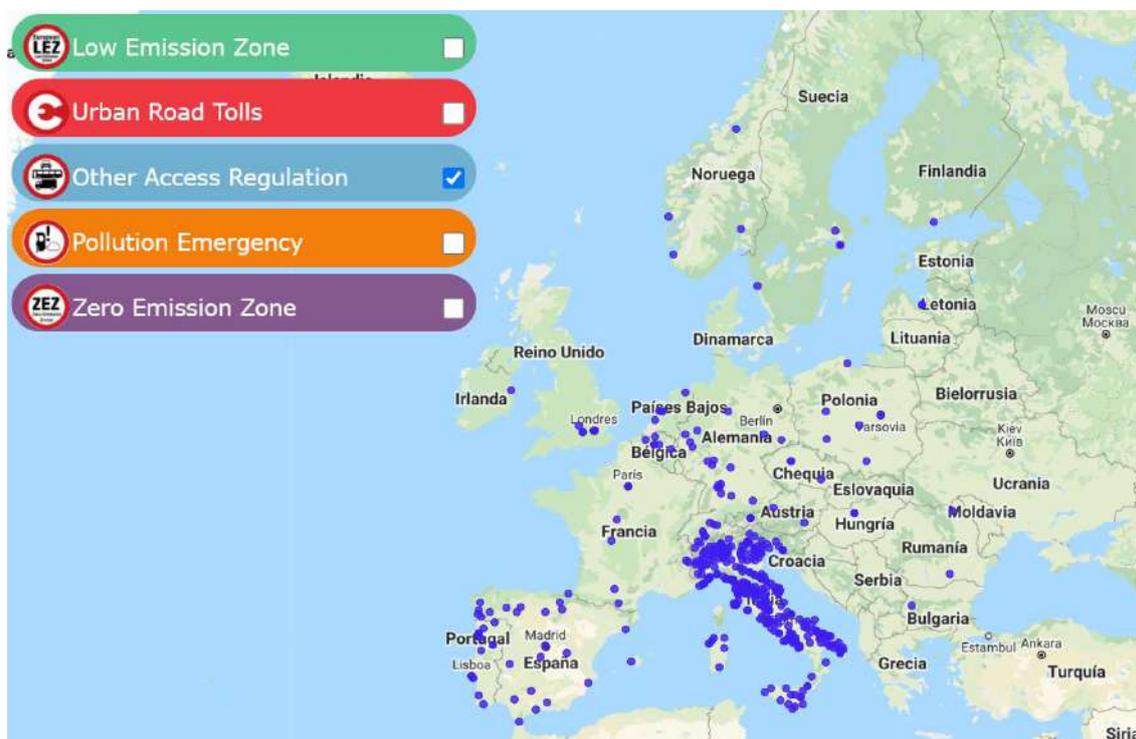


Figura 3. Ubicación de otros sistemas de regulación de acceso en Europa.

3.4. Emergencia de contaminación del aire

El estado de implementación de los sistemas basados en episodios de emergencia por una mala calidad del aire se encuentra también en aumento. Sin embargo, estos sistemas de regulación pueden estar incluidos en las ZBE, ZEC y en los Peajes Urbanos mediante aumentos en coste tarifario o prohibición de ciertos tipos de vehículos contaminantes.

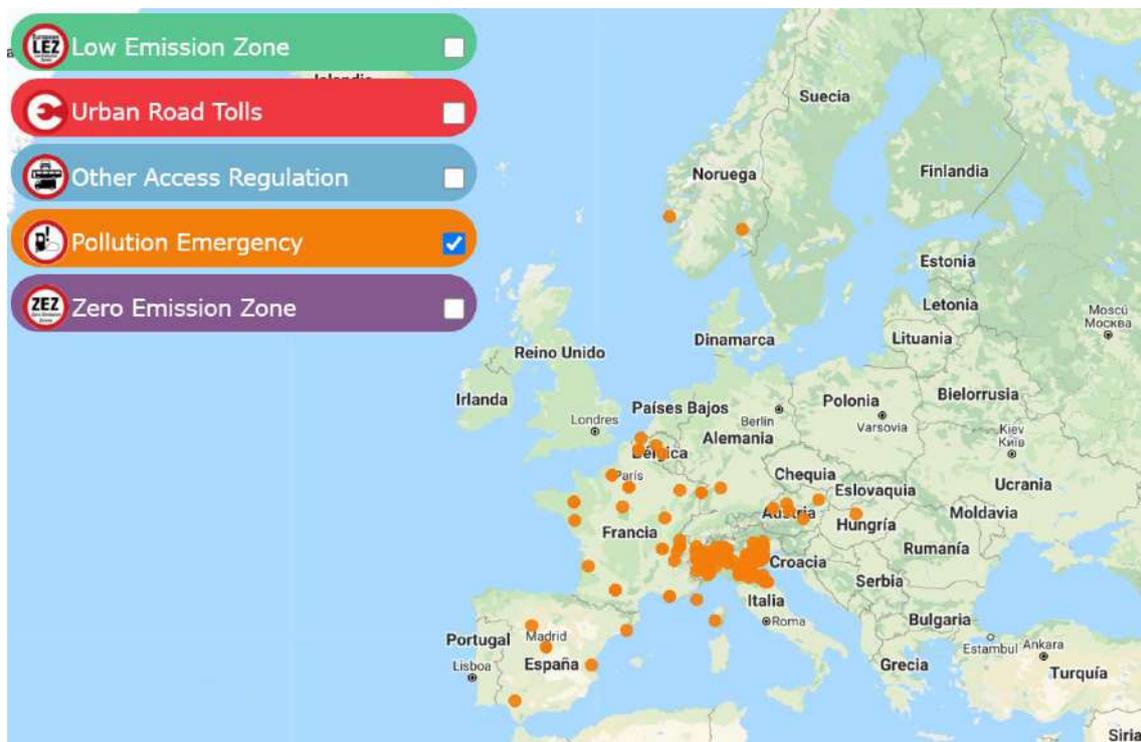


Figura 4. Ubicación de las zonas de Emergencia de contaminación del aire en Europa.

3.5 . Zona de Cero Emisiones (ZCE).

La mayor cantidad de implementación de Zonas de Cero Emisiones esta concentrada en Países Bajos, teniendo también una baja representación en Reino Unido, Noruega, Francia y Polonia.

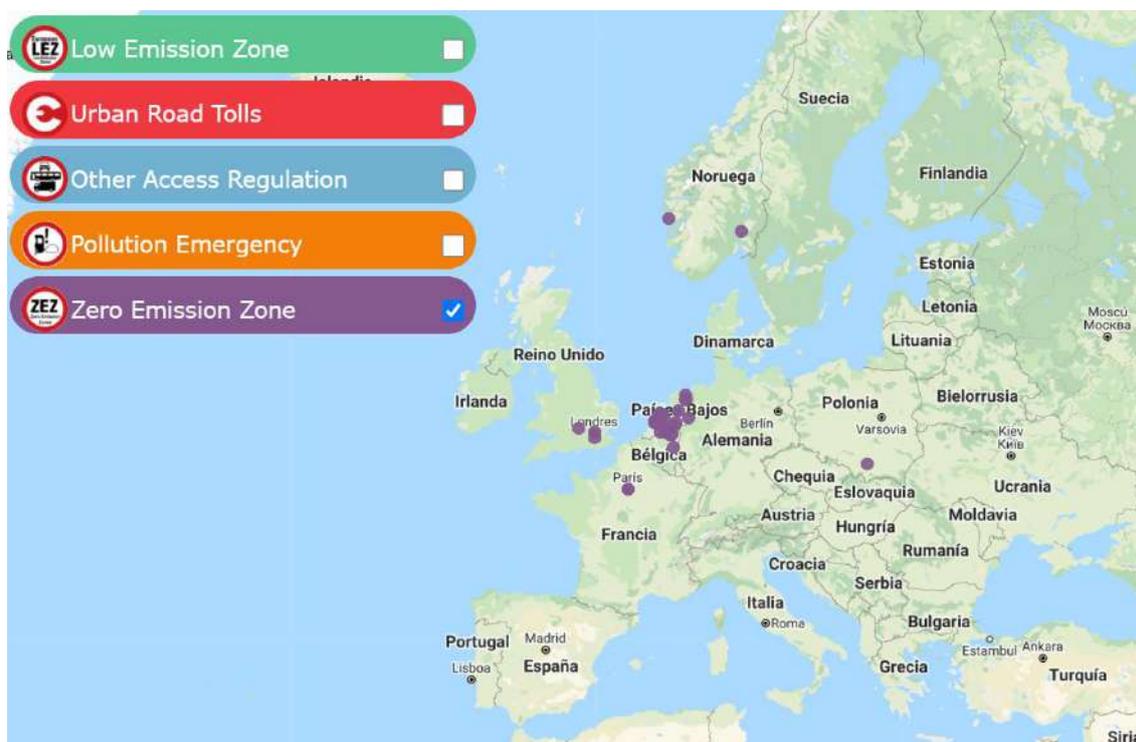


Figura 5. Ubicación de las Zonas de Cero Emisiones en Europa.

4. Impactos de los sistemas de regulación de acceso urbano de vehículos

Los impactos de los sistemas de regulación de acceso urbano de vehículos pueden reflejarse en:

- Mejora de la calidad del aire
- Reducción de la congestión del tráfico
- Conservación del paisaje urbano (núcleos históricos)
- Mitigación del cambio climático
- Mejora de la calidad de vida
- Mitigación del ruido
- Mejora de la seguridad
- Aumentar los ingresos para destinar en otras acciones de mejora.
- Muchos otros aspectos

4.1. Casos de éxito

En esta sección se exponen cuatro casos de éxito en las ciudades de Londres, Milán, Estocolmo y Gothenburg.

4.1.1 Londres.

Londres cuenta con los siguientes sistemas de regulación del tráfico:

- Zona de Bajas Emisiones
- Zona de Cero Emisiones
- Peaje Urbano
- Acceso regulado por otros requisitos

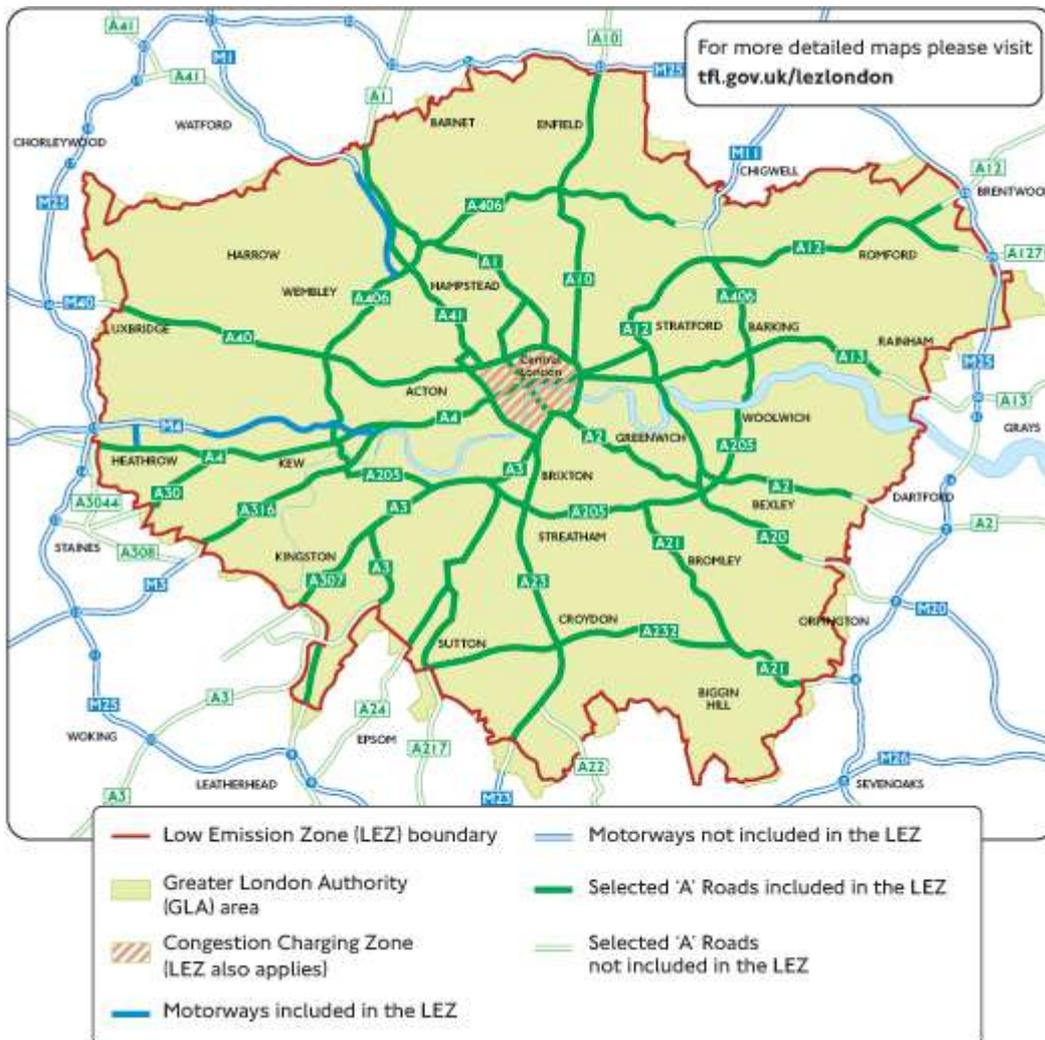


Figura 6. Zona de Bajas Emisiones de Londres.

Los impactos cuantitativos son:

Tráfico:

La congestión se redujo en un 30% y el volumen de tráfico se redujo en un 15%. La proporción de tiempo que los conductores pasan parados o moviéndose lentamente en las colas se redujo hasta en un tercio. Esto significa que los tiempos de viaje no solo son más cortos, sino también más fiables y predecibles, especialmente para los autobuses.

El tráfico que ingresa a la zona se redujo en un 18% y el tráfico que circula por la zona se redujo en un 15%.

El uso de autobuses se incrementó en un 38%, con un 23% más de transporte público, debido al aumento de espacio en las carreteras.

Finalmente, el tráfico en la carretera de circunvalación que rodea la zona de tarificación (donde no se cobra el tráfico) mostró pequeñas reducciones en la congestión, lo que refleja una mejor gestión operativa, a pesar de los flujos de tráfico ligeramente superiores provocados por el sistema de tarificación.

Emisiones:

La reducción del tráfico y su funcionamiento más fluido redujeron en un 12% las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas sólidas PM10 en la zona.

Las emisiones de CO2 se redujeron en un 19%.

No se identificó ningún impacto negativo significativo en los negocios y la economía.

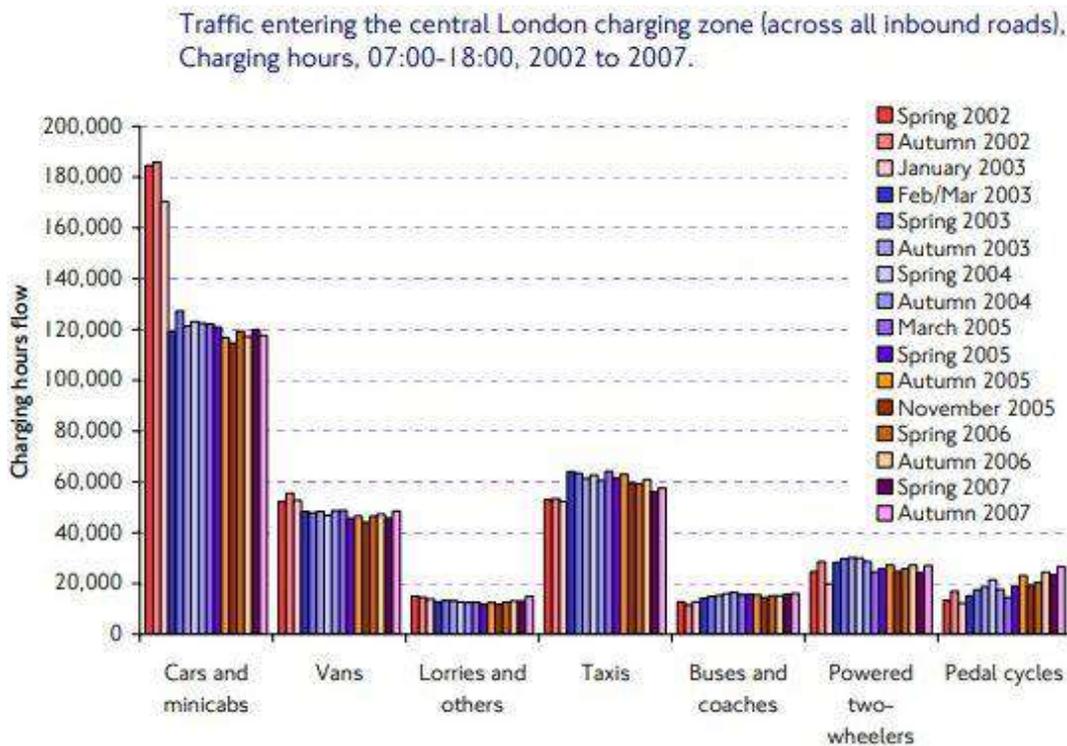


Figura 7. Datos de flujo de tráfico por tipo de vehículo durante 5 años de funcionamiento de las medidas de regulación del tráfico, Londres

4.1.2 Milán.

Milán cuenta con los siguientes sistemas de regulación del tráfico:

- Zona de Bajas Emisiones combinado entre regional (no permite acceso a vehículos muy contaminantes durante invierno) y local (que cobra tarifa plana a los vehículos que entran, pero impide el paso a los vehículos diésel entren a la ciudad si son muy viejos). La ZBE local solo funciona de 07:30 - 19:30.
- Peaje Urbano
- Acceso regulado por otros requisitos

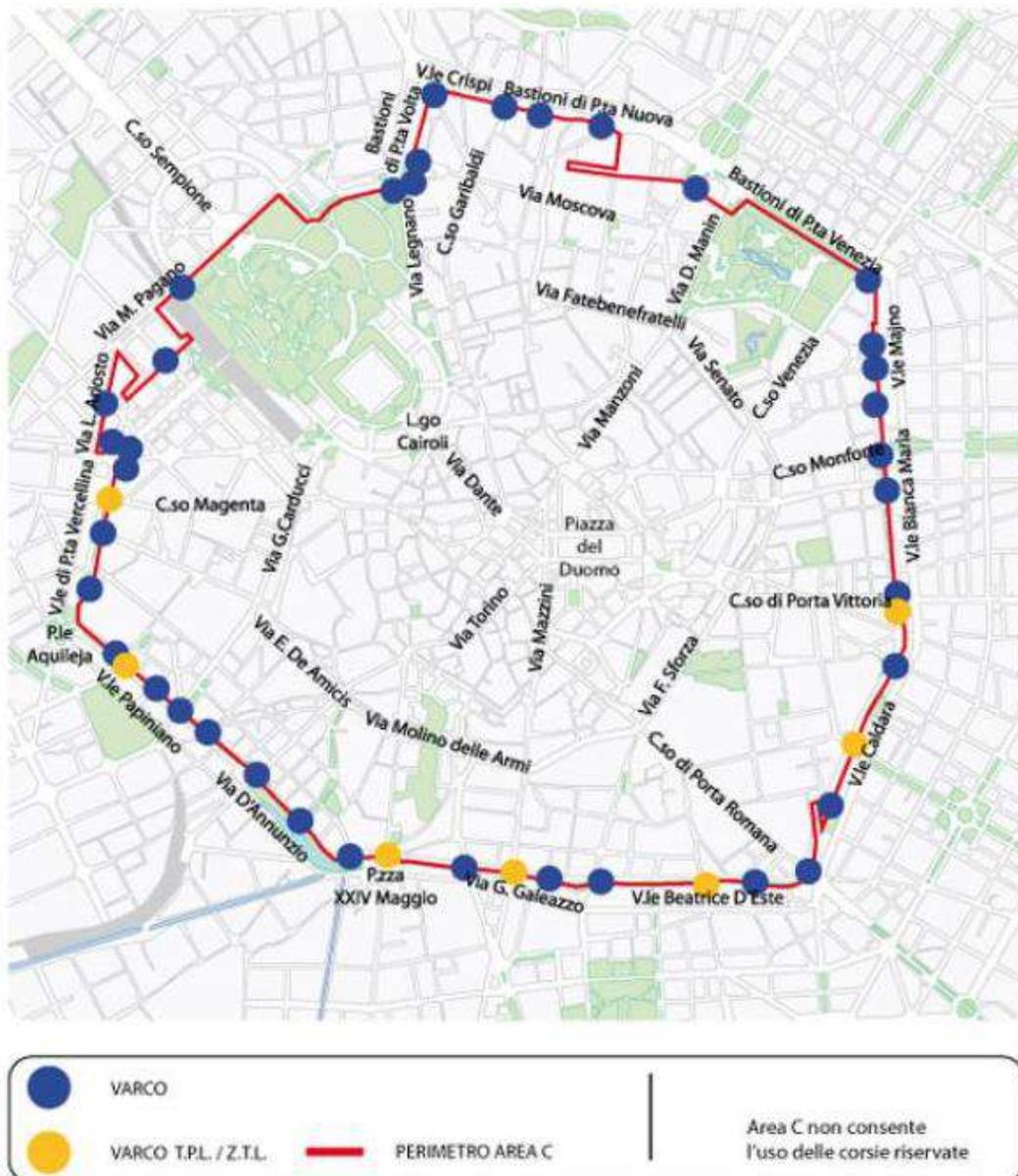


Figura 8. Perímetro de la Zona de Bajas Emisiones de Milán y puntos de control.

Los impactos cuantitativos son:

Tráfico:

Reducción del tráfico de entrada de algo más del 30%.

Mejora del transporte público durante las horas de operación del Área C, el aumento de la velocidad comercial del transporte público en el área es del 5,7% para los autobuses y del 4,7% para los tranvías. Además de no detectar evidencia de deterioro en la velocidad del transporte público fuera de la zona.

Emisiones:

Las emisiones de cada contaminante se han visto reducidas en:

- Emisiones de partículas sólidas (PM10): -18%
- Emisiones de amoníaco (NH3): -31%
- Emisiones de Óxidos de nitrógeno totales (NOx): -10%
- Emisiones de Dióxido de carbono (CO2): -22%

La reducción lograda dentro de la ZBE local en relación a la reducción lograda fuera de este perímetro (afectado por la ZBE regional) son las siguientes:

- Concentraciones de Carbón Negro o Black Carbon (BC) de -28% logrado fuera de la ZBE local a -43% logrado dentro de la ZBE local
- Relación de Carbón Negro y PM10 (ratio BC / PM10) de -16% logrado fuera de la ZBE local a -46% logrado dentro de la ZBE local
- Relación de Carbón Negro y PM2.5 (ratio BC / PM2.5) de -22% logrado fuera de la ZBE local a -46% logrado dentro de la ZBE local.

Los ingresos de estos 5 años fueron de 13 millones de euros netos por encima de los 7 millones de euros de costes de funcionamiento del servicio. Estos se revirtieron para mejorar la movilidad sostenible de la ciudad en la expansión de metro, tranvías y autobuses y en la implementación de la segunda fase de bicicletas compartidas en Milán. De los 13 millones recaudados, concretamente se destinaron 10 millones de euros para mejorar el transporte público alimentando las 15 líneas de superficie en toda la ciudad, incluidos tranvías y autobuses para aumentar la frecuencia de viajes. De esta manera, los viajes se incrementaron a más de 250 viajes por día, y la frecuencia de todos los subterráneos (a 32 por día). Además, su operación se extendió durante las horas pico (se extendió a las 10 a.m. en lugar de las 9 a.m.). Y los 3 millones de euros restantes se destinaron para BikeMi (bicicleta compartida en Milán), y en 2012 había 3300 bicicletas en circulación.

Los años posteriores (entre 2012 y 2015) se reinvirtieron: casi 4 millones de euros para el aparcamiento de intercambio en Comasina, 3 millones de euros para crear zonas de 30 km/h y hasta 20 millones de euros para la construcción y remodelación de carriles bici y calles.

Debido a que los sistemas de regulación de tráfico de Milán combinan ZBE con Peaje Urbano, también reducen la cantidad de vehículos que ingresan a la ciudad, a diferencia de si solo está establecida una ZBE, que no cambian la cantidad de vehículos que ingresan a la zona.

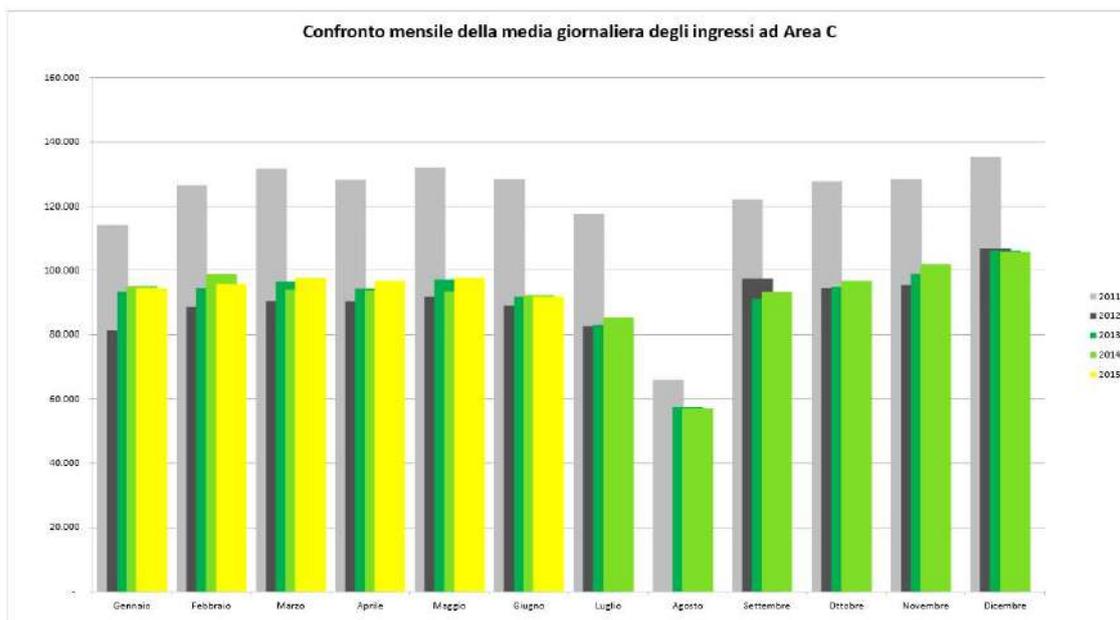


Figura 9. Comparación mensual del promedio diario de ingreso de vehículos al Área C (Zona de Bajas Emisiones local de Milán).

4.1.3 Estocolmo.

Estocolmo cuenta con los siguientes sistemas de regulación del tráfico:

- Zona de Bajas Emisiones compuesta por dos zonas diferentes, una que solo abarca una calle (Hornsgatan) afectando a turismos, minibuses y furgonetas menores de Euro 5 (Euro 6 desde 1 de Julio de 2022), y otra en la zona central de la ciudad.
- Peaje Urbano que tiene una tarifa variable en función de la hora del día y de la época del año.
- Acceso regulado por otros requisitos

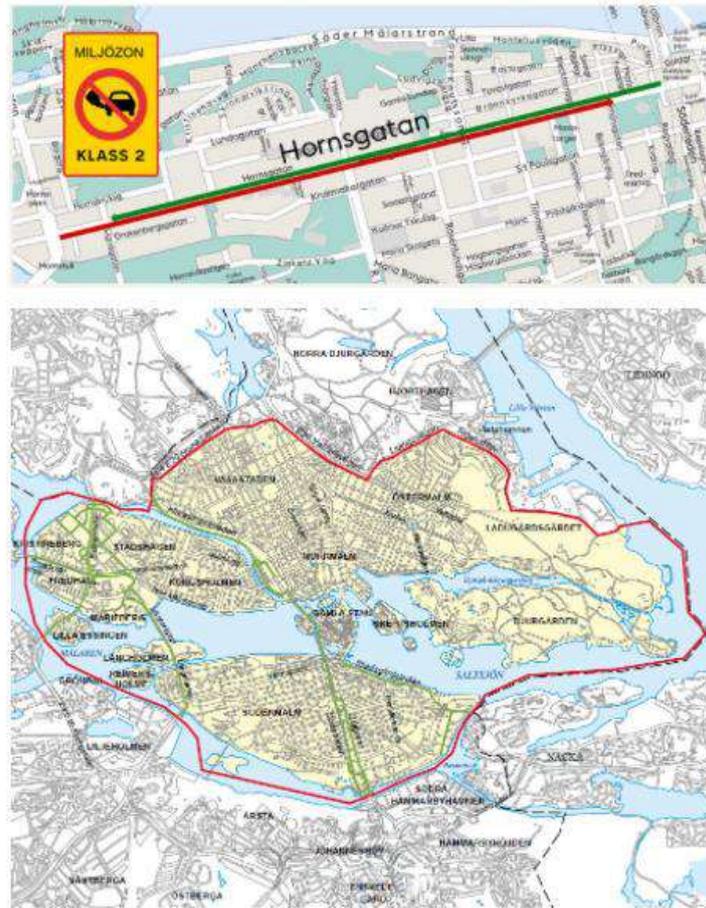
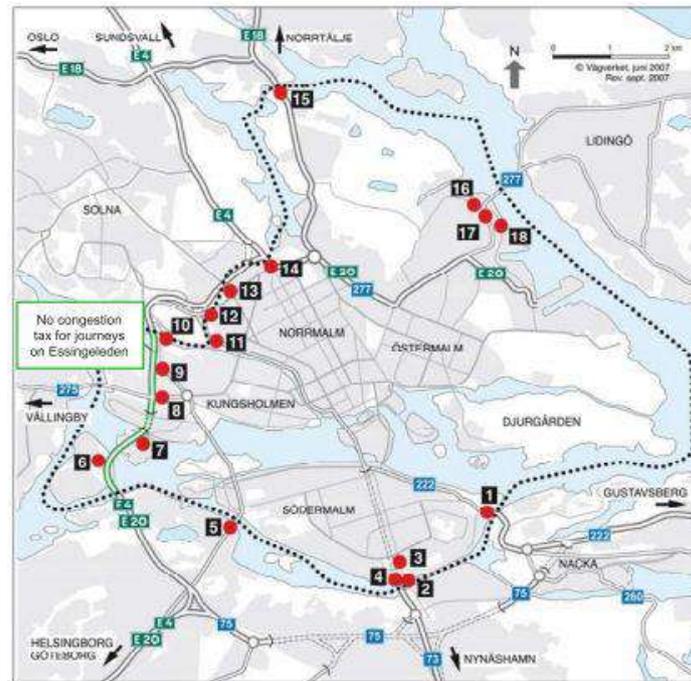


Figura 10. Zonas de Bajas Emisiones de Estocolmo. Arriba: calle (Hornsgatan); Abajo: Centro de Estocolmo.



The location of the congestion tax cordon in inner Stockholm.

Source: The Swedish Transport Agency.

Figura 11. Perímetro y puntos de control del Peaje Urbano de Estocolmo.

Los impactos cuantitativos del Peaje Urbano son:

Tráfico:

Reducción del tráfico del 18% (datos de 2008 en comparación con 2005).

Emisiones:

Las emisiones de CO2 se redujeron entre un 14% y un 18%.

Además, un impacto positivo observado es que el Peaje Urbano ha llevado a un rápido aumento en el número de vehículos de combustible alternativo exentos de pago en las áreas de Estocolmo. La proporción de viajes realizados por vehículos de combustible alternativo ha aumentado del 3% durante la prueba al 13% (datos de 2008).

4.1.4 Gothenburg.

Gothenburg cuenta con los siguientes sistemas de regulación del tráfico:

- Zona de Bajas Emisiones que afecta a los vehículos pesados (incluidos autobuses) con motor diésel menores de Euro 6.
- Peaje Urbano que afecta a todos los vehículos (de 06: 00 - 18: 29 de lunes a viernes).

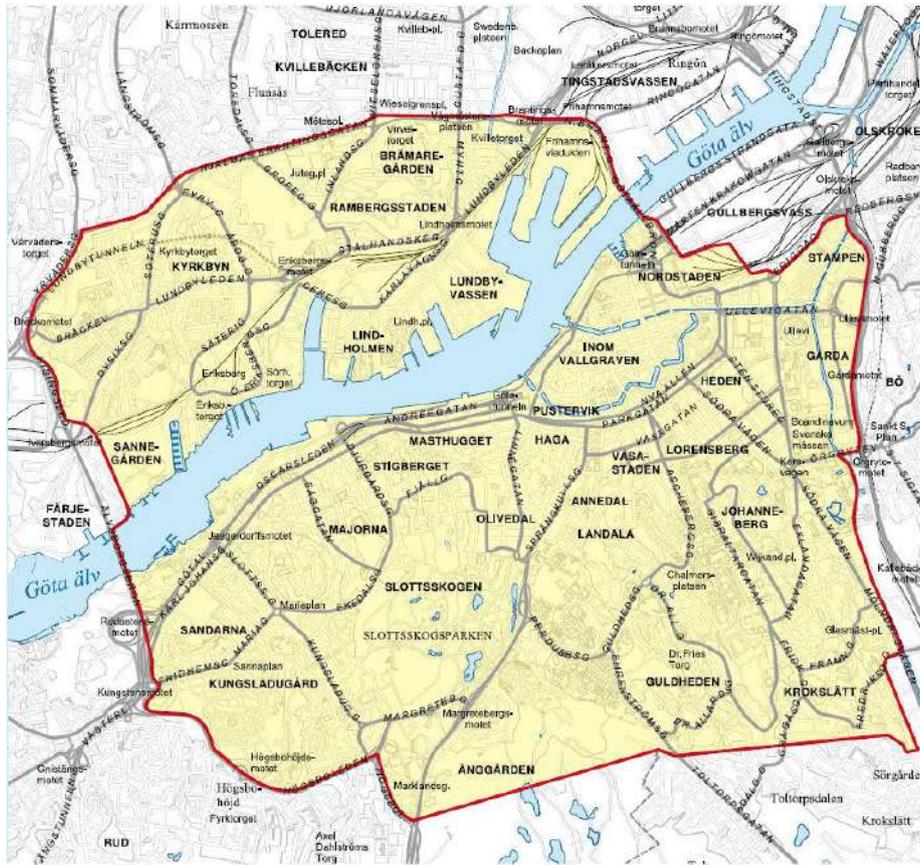


Figura 12. Perímetro de la Zona de Bajas Emisiones de Gothenburg.

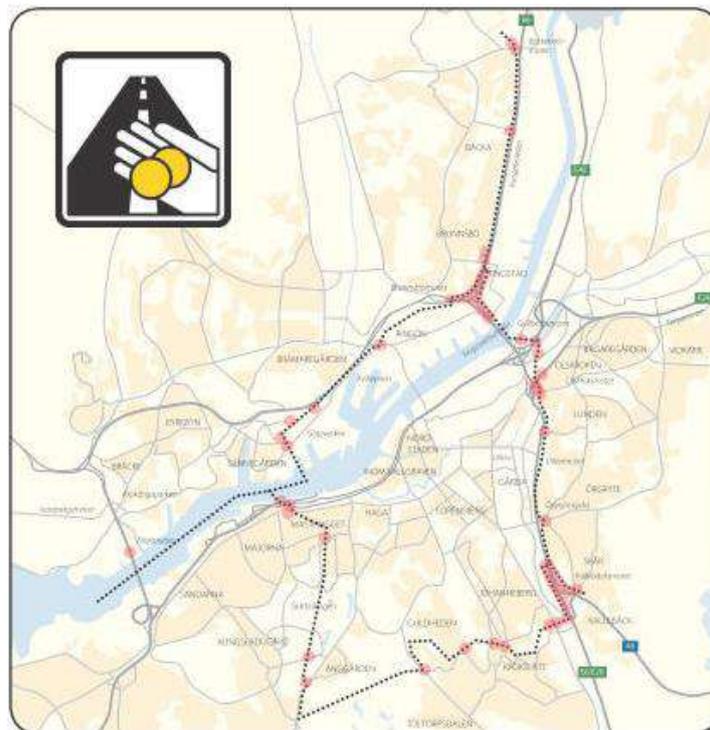


Figura 13. Perímetro de Peaje Urbano y puntos de control de Gothenburg.

Los impactos cuantitativos del Peaje Urbano son:

Tráfico:

Reducción del tráfico en un 12% durante los días de funcionamiento como se puede observar en la siguiente figura.

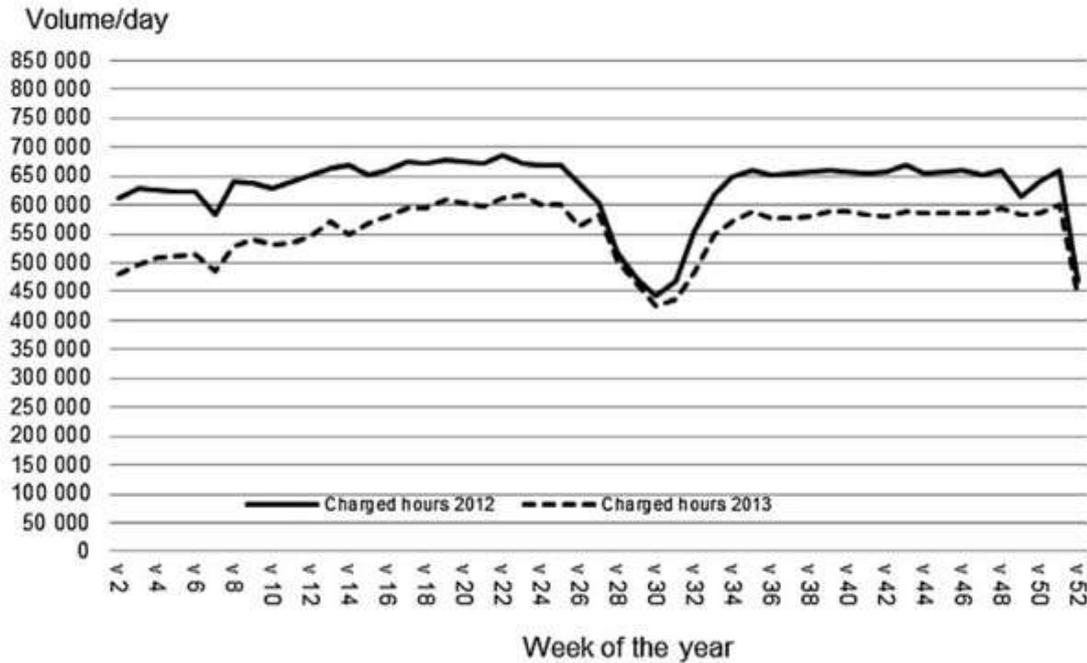


Figura 14. Flujo de tráfico por semana dentro del perímetro del peaje urbano.

Además, los tiempos de viaje tanto dentro como fuera del perímetro del Peaje Urbano también se han visto reducidos (ver la siguiente figura).

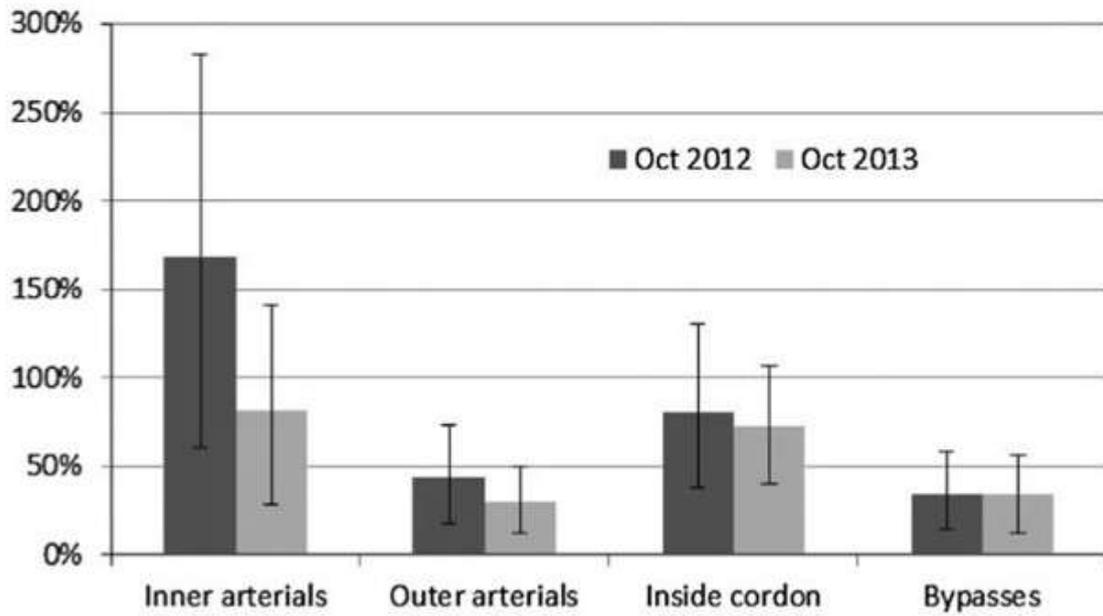


Figura 15. Reducción del tiempo de viaje desde la implementación del Peaje Urbano durante las horas pico de la mañana entre semana en Gotemburgo.

1. Justificación

El presente documento es el resultado obtenido por el desarrollo la Tarea 1.1 “Consulta y selección del hardware de peaje urbano” de la Actividad 1. “Instalación del hardware necesario para la implementación de un peaje urbano compuesto por cámaras y espiras electromagnéticas” del proyecto *Eco-Peatge València: Fiscalidad verde basado en Peaje Urbano*. El objetivo general del trabajo desarrollado en esta tarea es describir y justificar el hardware seleccionado para la implementación del piloto de peaje urbano en la ciudad de València.

2. Contexto

La naturaleza y requisitos exigidos por el entorno urbano tales como grandes flujos de tráfico diario, ocupación mínima del espacio público, y existencia de un conjunto heterogéneo de usuarios, hacen que no sea viable los tradicionales puestos de peajes como sistema de regulación del tráfico urbano. Para la incorporación en entornos urbanos, los sistemas de peaje no deben influir en la fluidez ni en la velocidad de los vehículos, ser lo mínimamente invasivos y capaces de discriminar por tipos de usuarios (residentes, vehículos de transporte públicos, turismos, furgonetas, etc.), todo ello sin poner en jaque la privacidad de los ciudadanos. Dado el contexto descrito, en este documento se describe las opciones de hardware que cumple de manera más apropiada con estos requisitos.

3. Contenido del entregable

El contenido del entregable justificativo de la Tarea 1.1 se divide en dos partes. Por un lado, se describen las opciones tecnológicas disponibles y testadas para la implementación de un peaje urbano y la selección del hardware para la implementación del piloto en Valencia.

3.1. Opciones tecnológicas disponibles

Tras una extensa consulta bibliográfica se han identificado las siguientes opciones tecnológicas para el control de peajes en las zonas urbanas:

- Sistema de cámaras ANPR
- Sistemas de radio comunicación (DSRC y RFID)
- Sistemas GNSS
- Sistemas de tarifa plana

Por tanto, se describen cada una de las anteriores opciones para tratar de identificar la opción más idónea para el piloto de la ciudad de València.

3.1.1 Sistema de cámaras ANPR (Automatic Number Plate Recognition)

La primera de las tecnologías disponibles se basa en un método de vigilancia y control de accesos que utiliza el reconocimiento óptico de caracteres en imágenes para leer las matrículas de los vehículos. El ANPR se puede utilizar para almacenar las imágenes capturadas por las cámaras fotográficas, así como el texto de la matrícula. Estos sistemas a menudo utilizan iluminación infrarroja para hacer posible que la cámara pueda tomar fotografías en cualquier momento del día. La tecnología ANPR tiende a ser específica para una región, debido a la variación entre matrículas de un lugar a otro.

El software del sistema se ejecuta sobre un hardware de PC estándar y puede ser enlazado con otras aplicaciones o bases de datos. Existen cámaras All in One, con 2 cámaras, una para ANPR, otra para contexto y con iluminador IR incorporado. El software de ANPR corre en la misma cámara. La arquitectura puede ir desde el punto de cámara hasta el sistema central o backoffice. Primero utiliza una serie de técnicas de manipulación de la imagen para detectar, normalizar y realzar la imagen del número de la matrícula, y finalmente reconocimiento óptico de caracteres para extraer los alfanuméricos de la matrícula. Cuando se realiza *in situ*, la información capturada de la matrícula alfanumérica, fecha y hora, identificación del lugar y cualquier otra información que se requiera es completada en unos 250 milisegundos. Esta información, convertida ahora en pequeños paquetes de datos, se puede transmitir fácilmente a algún ordenador remoto (sistema central o backoffice) para un posterior procesamiento en caso de que sea necesario, o ser almacenado en el lugar para ser recuperada posteriormente.

Los inconvenientes de estos sistemas están centrados en el temor en cuanto a la privacidad de los movimientos de los ciudadanos y que las experiencias existentes han incurrido en algunas ocasiones en identificación errónea y altas tasas de error. Sin embargo, según se han ido desarrollando, estos sistemas han logrado ser mucho más exactos y fiables. Actualmente, los sistemas ANPR tienen actualmente tasas de detección superiores al 98% y de lectura de matrículas fiables superior al 95%. El software debe ser capaz de afrontar diferentes dificultades posibles, que incluyen: resolución de imagen pobre, imágenes desenfocadas (desenfoque de movimiento), iluminación pobre, un objeto que oscurece parte de la matrícula, tornillos fijadores o de sujeción de la matrícula, vehículos que solo disponen de matrícula trasera y técnicas de evasión. Un ejemplo de evasión de estos sistemas es un método consiste en incrementar las propiedades de reflexión de las letras y aumentar así la probabilidad de que el sistema no sea capaz de localizar la matrícula o de producir suficiente nivel de contraste para lograr leerla. Esto normalmente se realiza usando una tapadera de matrículas o recubriendo la placa con aerosol, aunque hay dudas sobre la efectividad de este último.



Figura 1 Ejemplo de instalación de tecnología ANPR.

3.1.2 Sistemas de radio comunicación DSRC y RFID

La segunda de las tecnologías disponibles son los sistemas de radio comunicación *Dedicated Short Range Communications* (DSRC) y *Radio Frequency Identification* (RFID). Una de sus mayores fortalezas de los sistemas DSRC y RFID son su calidad y rendimiento, alcanzando una fiabilidad en la lectura superior al 99%. Su funcionamiento consiste en unas etiquetas DSRC o RFID personalizadas que se colocan en los vehículos para que puedan leerlas los receptores instalados en los puntos de entrada y salida de la zona de peaje.

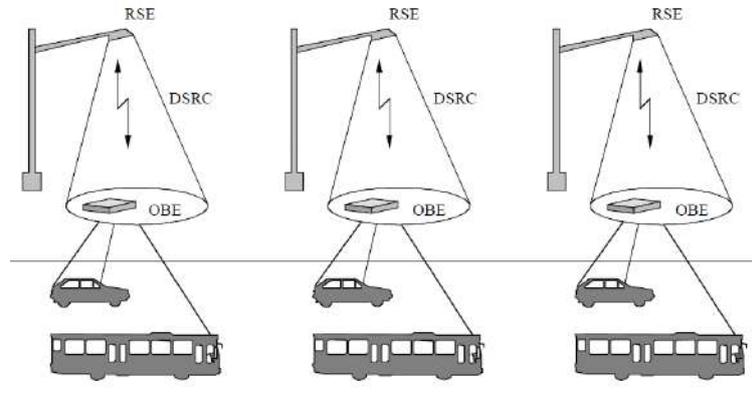
3.1.2.1 DSRC (Dedicated Short Range Communications)

Las DSRC hacen referencia a cualquier tecnología de radiocomunicaciones de corto alcance desde una infraestructura vial a un vehículo o una plataforma móvil.

Las DSRC constituyen un sistema de radiocomunicaciones móviles especializado para vehículos que se desplazan por carretera y son una tecnología fundamental para comunicaciones TIC, contribuyendo al enlace entre carreteras, el tráfico y los vehículos con tecnología TIC. Un ejemplo de una aplicación DSRC es el pago electrónico de peaje (ETC, *electronic toll collection*). Las DSRC para aplicaciones de TIC utilizan técnicas radioeléctricas distintas de las de voz para transferir datos en distancias cortas entre el borde de la carretera y unidades radioeléctricas móviles con el fin de realizar operaciones relacionadas con la mejora del tráfico, su seguridad y otras aplicaciones inteligentes de servicio de transporte en una amplia gama de entornos públicos y comerciales. Las dos opciones principales de DSRC son los equipos de a bordo y los equipos viales:

- Equipos de a bordo (OBE): El OBE, situado cerca del salpicadero o en el parabrisas del vehículo, está constituido por circuitos de radiocomunicaciones, un circuito de tratamiento de aplicación, etc.
- Equipo vial (RSE): El RSE está instalado sobre, o a lo largo de la carretera y comunica con el OBE móvil mediante señales radioeléctricas.

Los sistemas DSRC funcionan transmitiendo señales radioeléctricas para el intercambio de datos entre los equipos OBE montados a bordo del vehículo y el equipo vial RSE. Este intercambio de datos exige alta fiabilidad y privacidad del usuario puesto que puede incluir transacciones financieras y otras.



OBE: equipo de a bordo (*on-board equipment*)
RSE: equipo vial (*roadside equipment*)

Figura 2. Esquema de funcionamiento de OBE y RSE.

3.1.2.2 RFID (Radio Frequency Identification)

Las etiquetas RFID son unos dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que pueden ser adheridas a los vehículos. Contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor.

Un sistema RFID consta de los siguientes tres componentes:

1. Etiqueta RFID o transpondedor (compuesta por una antena, un transductor radio y un material encapsulado o chip).
2. Lector de RFID o tranceptor (compuesto por una antena, un tranceptor y un decodificador).
3. Subsistema de procesamiento de datos.

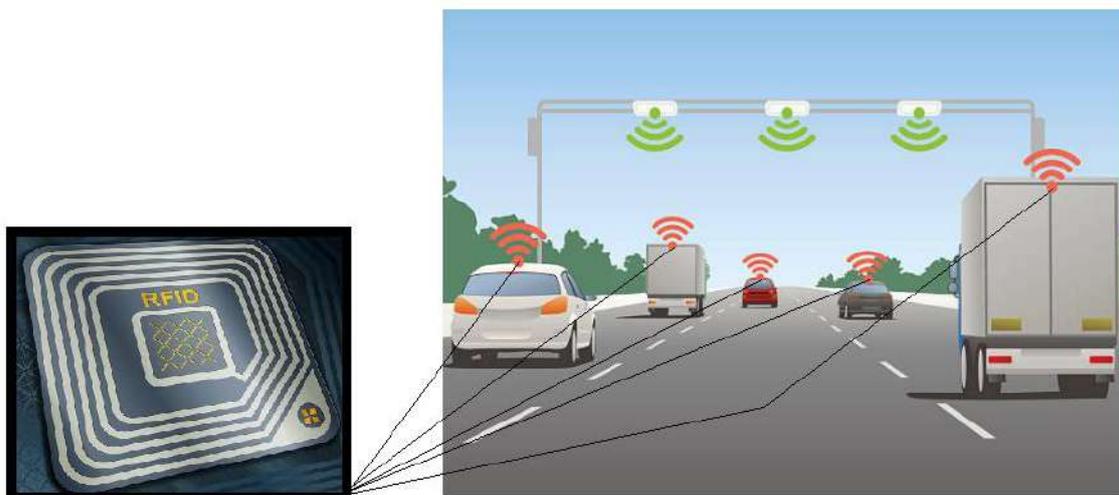


Figura 3. Esquema de funcionamiento de un RFID.

3.1.3 Sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System)

La tercera tecnología disponible es la tecnología GNSS. La tecnología GNSS se basa en una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, ya sea en tierra, mar o aire. Estos permiten determinar las coordenadas geográficas y la altitud de un punto dado como resultado de la recepción de señales provenientes de constelaciones de satélites artificiales de la Tierra para fines de navegación, transporte, geodésicos, hidrográficos, agrícolas, y otras actividades afines.

Un sistema de navegación basado en satélites artificiales puede proporcionar a los usuarios información sobre la posición y la hora con una gran exactitud, en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día y en todas las condiciones climatológicas. Sin embargo, existe la posibilidad de no tratar tanta información y reducir el número de datos a un conjunto de operaciones más simples que ofrezcan información de si ha rebasado o no el perímetro del peaje urbano y/o cuánta distancia ha recorrido dentro del perímetro definido. Se puede optar por recopilar los datos desde unidades instaladas (OBU) independientes o desde el smartphone que se envían las coordenadas del GPS a la central de procesamiento (sistema backoffice central). El uso de aplicaciones de smartphone elimina la necesidad de invertir en dispositivos costosos y no es necesario instalar equipos en carretera.

La tecnología GNSS presenta unas ventajas sustanciales fundamentalmente por su menor coste de implantación y su mayor flexibilidad.

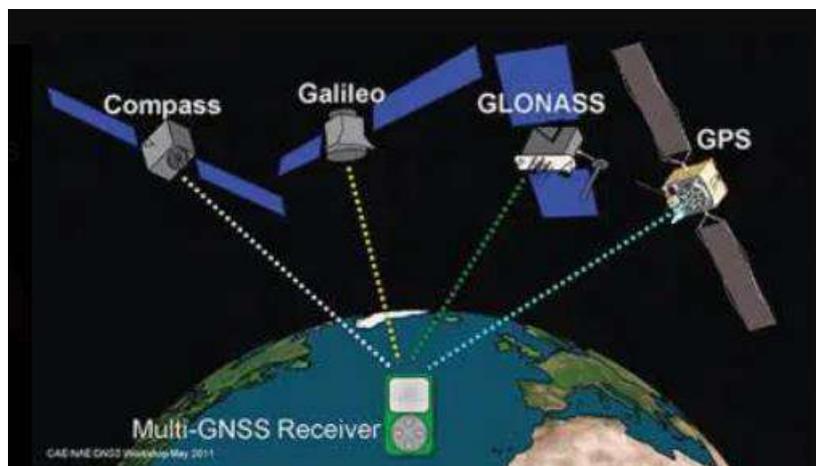
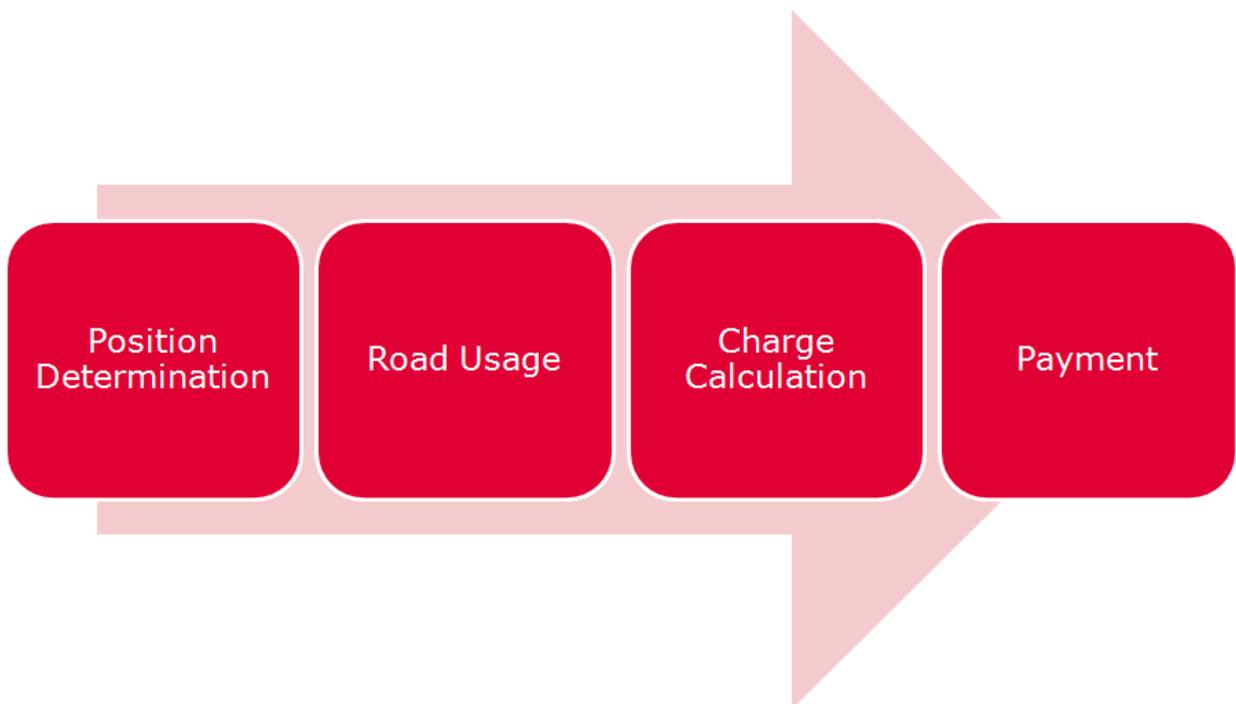


Figura 4. Esquema de sistema GNSS.

[Singapore readies satellite road toll system for 2021 rollout | ZDNet](#)

[GNSS Adoption in Road User Charging in Europe \(europa.eu\)](#)



3.1.4 Sistemas de tarifa plana

Por último, la cuarta tecnología disponible se basa en el cobro de una tarifa plana anual. Es un método rápido y eficaz para financiar la infraestructura vial. El control y cobro de una tarifa plana funciona mediante la lectura automática de etiquetas físicas o electrónicas y de matrículas. No es necesario instalar equipos en carretera puesto que lo usuarios registran su número de matrícula y método de pago. Para ello, hay que instalar equipos en carretera para la gestión del cumplimiento. Concretamente, se instalan pórticos con cámaras para detectar a los vehículos que circulan sin la e-vignette para perseguir su cobro amigable o emitir sanción o multa.



Figura 5. Tipos de etiquetados de tarifa plana.

3.2 Selección del hardware para Eco-Peatge

Los sistemas actuales para el peaje automático se basan en tecnologías DSRC (comunicaciones de corto alcance) y ANPR (reconocimiento automático de la matrícula del vehículo). Estas tecnologías, además de precisas y robustas, gozan de una madurez contrastada. Pero su poca flexibilidad y su elevado coste de implantación y mantenimiento hacen que su aplicación se restrinja a los actuales esquemas de peaje, es decir, autopistas o zonas limitadas de no

excesivo tamaño en el que el control del flujo de vehículos se establece en un número pequeño y acotado de puntos de paso. Pero cualquier intento de variación de la geometría de esas zonas o la introducción de esquemas de cobro más justos (por distancia recorrida por el vehículo o por tiempo de estancia) implica un alto coste en nuevas infraestructuras. Sin embargo, **el peaje electrónico basado en GNSS se caracteriza por flexibilidad y escalabilidad**, dando solución a nuevos esquemas de peaje.

Los avances en electrónica e informática han llevado a la invención de microprocesadores más rápidos y de menor coste que han hecho posible la fabricación de instrumentos más pequeños del sistema de posición global (GPS) y de aplicaciones del sistema de información geográfica (GIS) basadas en el móvil. El GPS es un sistema de navegación por satélite que define la posición, la velocidad y el tiempo, (PVT), bajo cualquier condición climática las 24 horas del día en cualquier parte del mundo, de forma gratuita. Hoy en día, un número creciente de aplicaciones utilizan el GPS y otros equipos electrónicos e informáticos modernos para la localización de vehículos.

Algunas de las opciones más interesantes basadas en sistemas GNSS para la implementación de peajes en las zonas urbanas son:

- Módulo GPS de GY-NEO6MV2 NEO6MV2
- Diymore módulo GSM-GPRS SIM800C
- GPS ESP8266 ESP-12S
- Módulo SIM808
- NB-IoT/Cat-M(eMTC)/GNSS
- Localizador GPS para Vehículos

Las principales ventajas e inconvenientes de cada uno de las opciones mencionadas se describen a continuación:

1. Módulo GPS de GY-NEO6MV2 NEO6MV2, con control de vuelo EEPROM MWC APM2.

- Ventajas: Económico. Con raspberry puede comunicar información vía wifi/GSM/GPRS.
- Inconvenientes: Poco preciso. Necesita post-procesado con NTP para mejorar la precisión (con Raspberry+NTP).



Figura 6. Ejemplo de módulo GPS de GY-NEO6MV2 NEO6MV2

2. Diymore módulo GSM-GPRS SIM800C, placa de desarrollo de cuatro bandas con antena SMA, ranura Micro SIM para Raspberry Pi.

- Ventajas: Económico
- Inconvenientes: Placa sólo válida para GSM/GPRS



Figura 7. Ejemplo de Diymore módulo GSM-GPRS SIM800C

3. GPS ESP8266 ESP-12S, módulo A9G, GPRS, GSM, placa GP

- Ventajas: Puede usarse sin otros sistemas y es una opción muy económica.
- Inconvenientes: Necesita post-procesado con NTP para mejorar la precisión



Figura 8. Ejemplo de GPS ESP8266 ESP-12S.

4. Módulo SIM808 en lugar de SIM908 GSM GPRS. Placa de desarrollo GPS IPX SMA con antena GPS disponible para Raspberry Pi.

- Ventajas: Económico. Integrado con GSM/GPRS
- Inconvenientes: Poco preciso. Necesita post-procesado con NTP para mejorar la precisión (con Raspberry+NTP)



Figura 9. Ejemplo de Módulo SIM808.

5. NB-IoT/Cat-M(eMTC)/GNSS. Telecommunication Hat for Raspberry Pi, basado en SIM7080G Aplicable globalmente para monitoreo remoto de seguimiento de activos de instrumentos inteligentes. Basado en LTE-r15

- Ventajas: Válido para 5G.
- Inconvenientes: Necesita post-procesado con NTP para mejorar la precisión (con Raspberry+NTP)



Figura 10. Ejemplo de NB-IoT/Cat-M(eMTC)/GNSS.

6. Localizador GPS para Vehículos o Mini GPS de rastreo

- Ventajas: Posición precisa, tiempo real GPS, permite tracking, Geo-Vallas para automatización, alertas y monitoreo del estilo de conducción que ofrece información útil para el cálculo de las emisiones asociadas. Es un sistema práctico y Plug and Play, que permite ser conectado a un ordenador sin tener que configurar parámetros complejos.
- Inconvenientes: Coste mensual.



Figura 11. Ejemplo de kit de localizador GPS para Vehículos.

4. Conclusiones

Una vez analizadas las experiencias existentes, así como el estado del arte de las diferentes opciones tecnológicas disponibles para la implementación de un peaje urbano se concluye que el peaje electrónico basado en tecnología GNSS es el que ofrece mejores características. De las opciones analizadas, las opciones 1. “Módulo GPS de GY-NEO6MV2 NEO6MV2” y 2. “Diyomore módulo GSM-GPRS SIM800C” junto con tecnología Raspberry Pi son opciones válidas pero complejas de implementar y sólo válida con conexión Wifi. La opción 3. “GPS ESP8266 ESP-12S” es equivalente a la anterior pero integrada, incluyendo GSM/GPRS, con menor coste y además puede usarse independientemente. La opción 4. “Módulo SIM808” es equivalente a la anterior (con GPS y GSM/GPRS) pero necesita de Raspberry Pi. La opción 5. “NB-IoT/Cat-M(eMTC)/GNSS” es equivalente a las anteriores per con tecnologías NB-IoT/LTE-M (orientadas a 5G) y también necesita de Raspberry Pi. Finalmente, la opción 6. “Localizador GPS para Vehículos” está orientada al control de flotas y resulta una opción independiente y que no necesita una programación especial, esto la convierte en la opción más óptima por su sencillez y flexibilidad.

Por ello, el hardware seleccionado para el piloto del proyecto Eco-Peatge es el U500-BAT de Localizador Sherlog (figura 12).



Figura 12. Fotografía del sistema U500-BAT de Localizador Sherlog.

Las principales características del sistema seleccionado son: datos en tiempo real de situación, velocidad, recorrido y paradas de los vehículos, lo que ofrece una gran cantidad de variables para tarificar y calcular las emisiones individuales de cada vehículo; localización de vehículos sin permanencia, con comunicaciones GPRS incluidas, tarjeta SIM de datos y software de localización que ofrecen sencillez y seguridad; control de la ubicación GPS/GLONASS de los vehículos en tiempo real en cualquier lugar del mundo; alta precisión con rango de error menor de 0,5 metros; gestión e instalación fácil y sencilla que supone menor inversión de recursos; configurabilidad de emisión de datos según necesidades (a partir de 1 segundo) y

posibilidad de generar informes personalizables exportables a formatos como PDF, Excel o imprimibles.

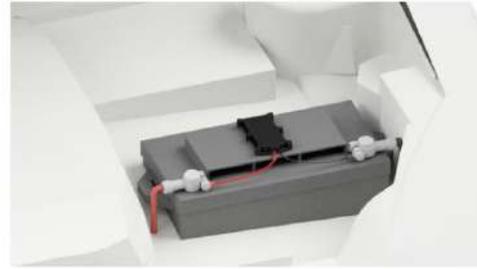


Figura 13. Ejemplo de instalación del sistema U500-BAT de Localizador Sherlog conectado a batería del vehículo.

1. Justificación

El presente documento es el resultado obtenido en la Tarea 1.2 “Análisis y selección de la ubicación del piloto” de la Actividad 1. “Instalación del hardware necesario para la implementación de un peaje urbano compuesto por cámaras y espiras electromagnéticas” del proyecto *Eco-Peatge València: Fiscalidad verde basado en Peaje Urbano*. El objetivo general del trabajo desarrollado en esta tarea es definir y describir el perímetro del piloto de implementación de un peaje urbano para la ciudad de Valencia.

2. Contexto

El proyecto Eco-Peatge València requiere de la delimitación de un perímetro que definirá los límites de actuación del peaje urbano a desarrollar. El perímetro a definir debe poder ser monitoreado con facilidad. Por ello, en primer lugar, se han contabilizado y geolocalizado las 22 entradas/salidas principales de la ciudad donde se diferenciaron los accesos con mayor afluencia (figura 1). Estos accesos pueden ser utilizados para validar resultados e incluso para simular posibles escenarios de impacto.



Figura 1. Entradas y salidas de la ciudad de Valencia

Una vez definidas las principales entradas y salidas de la ciudad se procede a analizar las diferentes opciones de perímetro de actuación para el proyecto para la identificación de la opción más óptima.

3. Descripción de los posibles perímetros de actuación.

Tal como se ha descrito en la Tarea 1.1 “Consulta y selección del hardware de peaje urbano” se ha seleccionado un hardware basado en tecnología GPS para la implementación del peaje urbano de Valencia debido a las posibilidades que ofrece en implementar una tarificación inclusiva y precisa y a su bajo coste de implementación en comparación a las alternativas tecnológicas existentes.

Por tanto, en este documento se analizan las diferentes opciones de perímetro del peaje urbano de Valencia.

Tras un análisis riguroso de las diferentes opciones existentes, se describen las tres opciones más prometedoras (figura 2):

1. Término Municipal de Valencia.
2. Rondas Nord-Sud.
3. Anillos centrales de la ciudad.



Figura 2. Mapa de la delimitación perimetral de las tres opciones planteadas.

Mesura: [https:// webmesura.org](https://webmesura.org)

Ecopeatge València: <https://webmesura.org/ecopeatge-valencia/>

3.1. Limitación perimetral “Término Municipal”.

La primera opción contiene todo el término municipal de València incluido Poblats del sur, y las pedanías exteriores (figura 3). Es la opción más extensa en cuanto a territorio dentro del ámbito de actuación del Ayuntamiento de Valencia. Correspondería a un perímetro de 113 km y una superficie de 147 km².



Figura 3. Mapa de la delimitación perimetral de la opción “Término Municipal”

3.2. Limitación perimetral “Rondas Nord y Sud”.

La segunda opción engloba todo el territorio dentro de las 2 grandes rondas de Valencia, Ronda Nord y Ronda Sud dejando dentro del área de actuación la parte estrictamente urbana del municipio de Valencia (figura 4). Correspondería a un perímetro de 21,6 km y una superficie de 30,5 km².

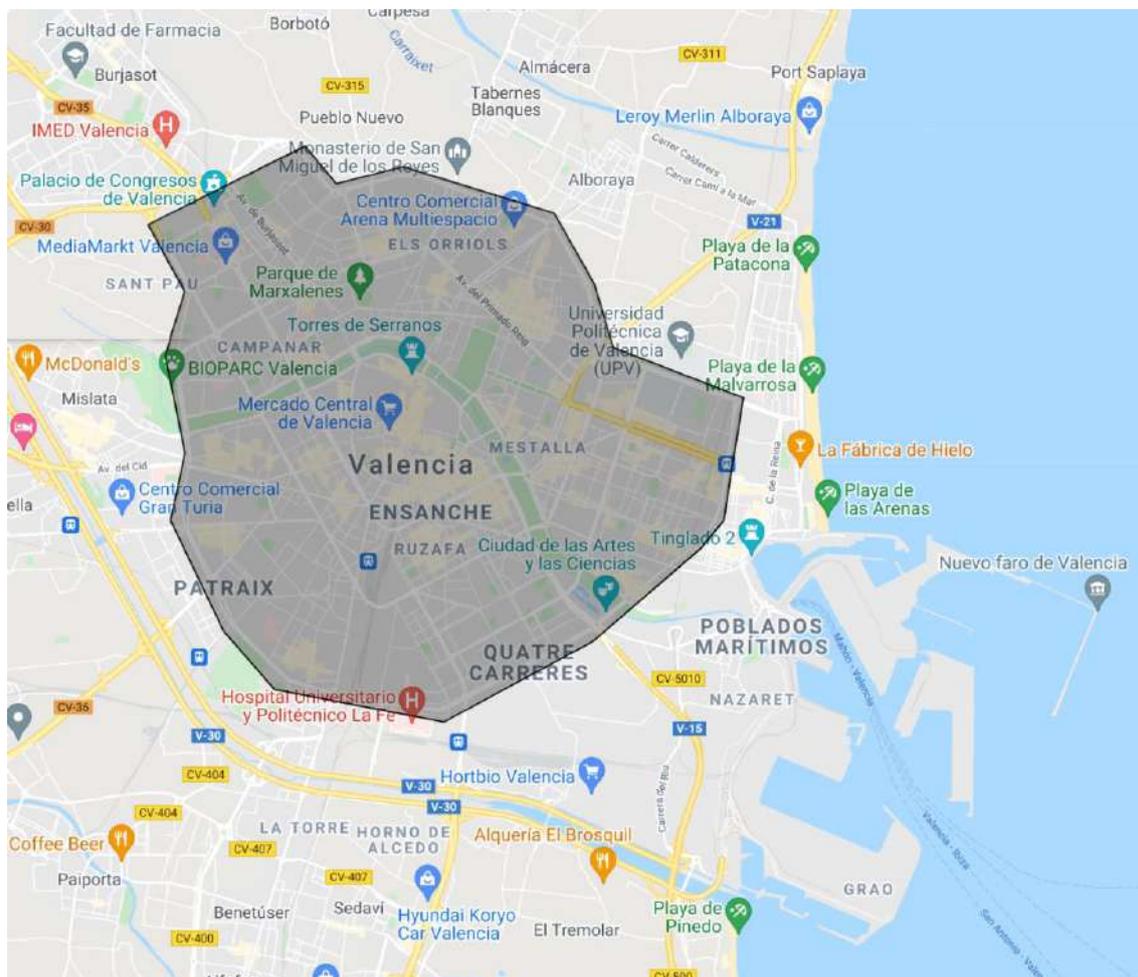


Figura 4. Mapa de la delimitación perimetral de la opción “Rondas Nord y Sud”

3.3. Limitación perimetral “Anillos y grandes vías”.

La tercera opción engloba todo el territorio dentro de los 3 anillos centrales de la ciudad de Valencia y grandes vías (figura 5). Correspondería a un perímetro de 13,1 km y una superficie de 11,3 km². Sería la opción con la menor superficie de actuación y consideramos que no sería suficiente para lograr el impacto esperado por el proyecto.

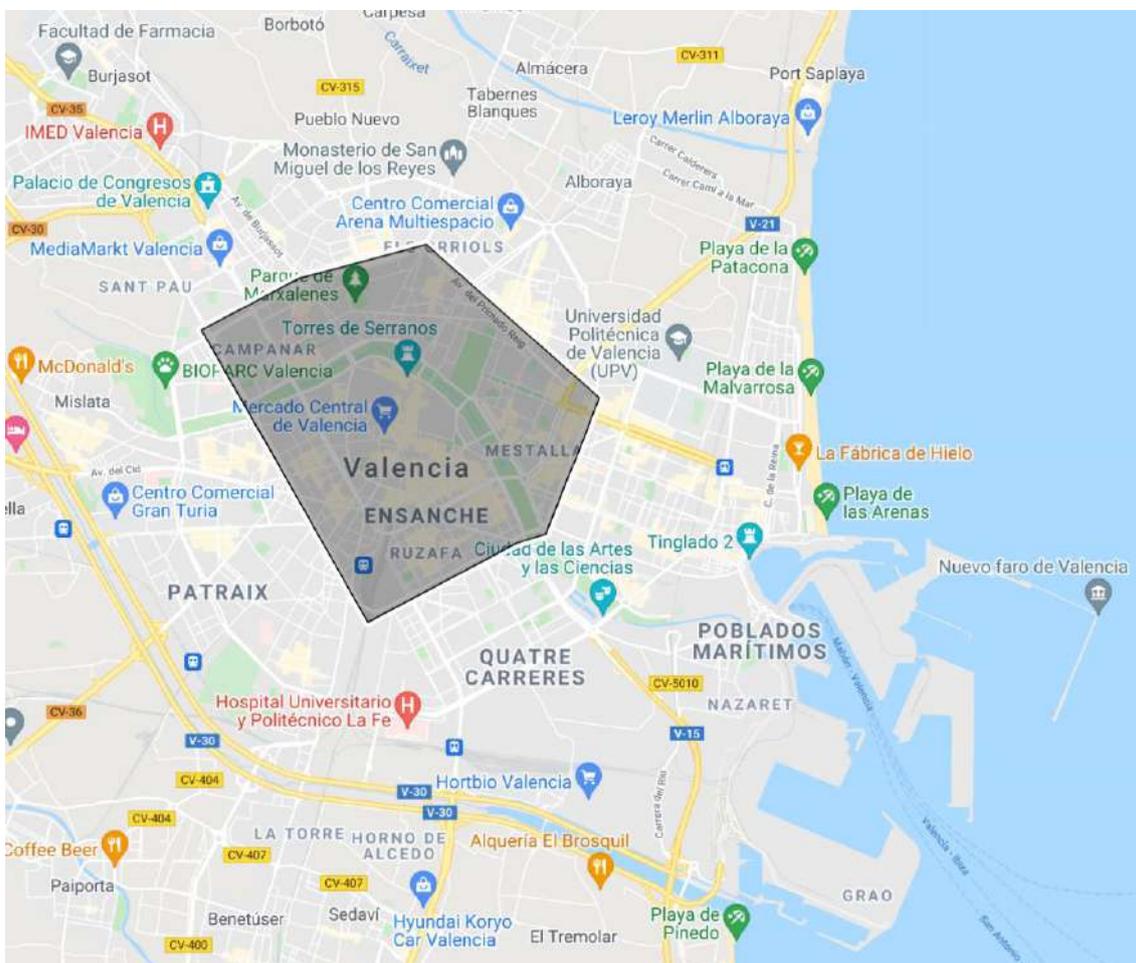


Figura 5. Mapa de la delimitación perimetral de la opción “Anillos y grandes vías”

3.4. Limitación perimetral seleccionada para el piloto de Eco-Peatge València.

Una vez descritas las diferentes opciones, se ha decidido seleccionar una combinación de varias de ellas. La delimitación perimetral seleccionada es una selección intermedia de los

límites de la opción “Término Municipal” y de la opción “Rondas Nord-Sud” (figura 6). Esta perimetración cumple con el objetivo de un piloto ambicioso y global de ciudad, influenciando todo el ámbito urbano de la ciudad donde además peores condiciones de calidad del aire se generan y donde más gente queda expuesta a estas malas condiciones generadas. Abarcará todo el Término Municipal de Valencia, excluyendo los distritos de Poblats del Sud, Poblats del Nord y Poblats de l’Oest. Además, quedará fuera la actuación sobre la V30. Corresponde a un perímetro de 37,4 km y una superficie de 62,9 km².

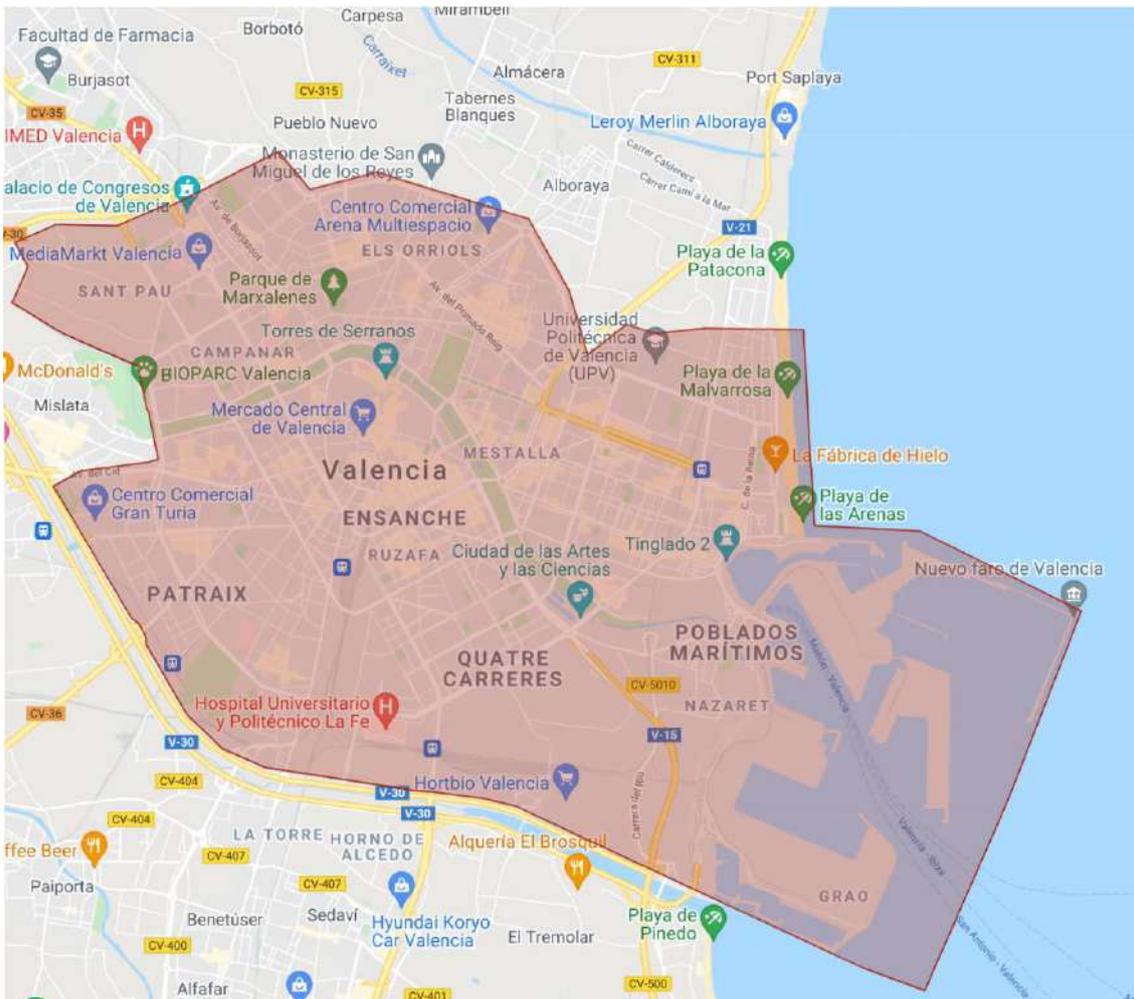


Figura 6. Mapa de la delimitación perimetral del proyecto Eco-Peatge València.

1. Justificación

El presente documento es el resultado obtenido por el desarrollo la Tarea 1.3 “Adquisición e instalación del hardware seleccionado en la ubicación seleccionada” de la Actividad 1. “Instalación del hardware necesario para la implementación de un peaje urbano compuesto por cámaras y espiras electromagnéticas” del proyecto *Eco-Peatge València: Fiscalidad verde basado en Peaje Urbano*. El objetivo general del trabajo desarrollado en esta tarea es describir la instalación del hardware seleccionado en la Tarea 1.1 “Consulta y selección del hardware de peaje urbano” para la implementación del piloto de peaje urbano en el perímetro definido en la Tarea 1.2 “Análisis y selección de la ubicación del piloto” de la ciudad de València.

Este documento cierra con éxito el desarrollo de la Actividad 1 “Instalación del hardware necesario para la implementación de un peaje urbano compuesto por cámaras y espiras electromagnéticas”.

2. Contexto

La adquisición, instalación y puesta en marcha de la tecnología GPS es hoy en día algo muy asequible y sencillo de aplicar. El hardware seleccionado únicamente necesita la alimentación continua de una batería de 12V. Este requisito es fácilmente localizable en cualquier vehículo del mercado, ya que es un elemento imprescindible para su funcionamiento.

3. Descripción de la adquisición e instalación del Hardware.

A continuación, se describe la adquisición del hardware seleccionado en la Tarea 1.1. Además, se describen algunas consideraciones a tener en cuenta por parte del usuario y se expone un reportaje fotográfico del proceso de instalación del hardware en 30 voluntarios que reportaran datos para la implementación del piloto de Eco-Peatge en la ciudad de Valencia.

3.1. Adquisición del Hardware y selección de los Voluntarios

En primer lugar, se gestionó la adquisición del hardware (figura 1) seleccionado (dispositivos GPS) y se realizó la puesta en marcha de un formulario de inscripción de voluntariado para la implantación de los dispositivos (figura 2) y el testeo de su funcionamiento.

Los voluntarios deben cumplir una serie de requisitos para asegurar que los datos obtenidos de su implementación permitan evaluar la adecuación de los dispositivos para lograr los objetivos del proyecto, así como para evaluar costes de gestión de datos y analizar otras posibles limitaciones técnico-económicas que puedan surgir.



ECOPEATGE
VALENCIA

Voluntari@s para el estudio de ECOPEATGE en València

Rellena este formulario si quieres que te enviemos sin coste un chip GPS para cuantificar distancias recorridas en entorno urbano con el fin de poder evaluar la tecnología para aplicar PEAJES URBANOS según distancia recorrida.

Esta iniciativa pretende evaluar el uso de GPS para anonimizar la ubicación del usuario de GPS y a la vez cuantificar:

- Distancia recorrida por su vehículo sólo en espacio urbano.
- Cuantificación de emisiones en base a distancia recorrida y modelo de vehículo
- Se centrará en vehículos que pasen por la ciudad y son de especial interés los que entran y salen

Pretendemos ayudar a implantar una fiscalidad verde (ECOPEATGE) que desincentive el uso del coche a favor del transporte público, bici y caminar. Máximo 50 voluntari@s

El estudio durará dos meses y comenzará el 1 de febrero. A partir del 1 de abril se compromete a devolvernos el GPS sin ningún coste para usted. No compartiremos ningún dato personal.

[Siguiente](#) Página 1 de 5 [Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

GoogleFormularios. Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Figura 2. Formulario para la selección del voluntariado. Disponible online en la web del proyecto: <https://webmesura.org/ecopeatqe-valencia/>



Figura 2. Adquisición del hardware para la instalación en los voluntarios seleccionados.

De todos los voluntarios presentados se seleccionaron 30 que pudieran ofrecer una mayor riqueza de datos. Tras la selección de los 30 voluntarios, se distribuyeron los dispositivos junto al manual de instalación. Finalmente, el registro e identificación de los dispositivos se realizó de forma centralizada para minimizar errores en la activación y verificación de la puesta en marcha.

3.2. Manual de Instalación del dispositivo U500-BAT de Localizador Sherlog

3.2.1 Pasos para la instalación

MESURA ha replicado los pasos descritos por el fabricante del hardware. Así, los pasos para la instalación del Hardware son los siguientes:

1. Abrir el capó del coche, localizar la batería y retirar la cubierta si la hubiera.
2. Seguidamente aflojar la tuerca del polo negativo de la batería (normalmente con una llave del 10) colocar el conector negro y apretar, repetir paso con el polo positivo.
3. Retirar la pegatina y colocar la unidad encima de la batería, tal como se observa en la figura 3.

A continuación, se muestran algunos ejemplos del proceso e instalación de los dispositivos dentro del proyecto Eco-Peatge València.



1. Conexión polo negativo



2. Conexión polo positivo



3. Dispositivo instalado



4. Dispositivo instalado



5. Dispositivo instalado



6. Dispositivo instalado



7. Dispositivo transmitiendo

Figura 3. Pasos de instalación del Hardware.

3.2.2 Verificación de la instalación

Una vez instalado el dispositivo, es necesario verificar su correcta instalación. Para ello, es necesario poner el vehículo a la vista de los satélites (aire libre) y verificar que ambos LEDs (situados en la parte lateral del dispositivo) estén parpadeando. Hay que tener en cuenta que la captación de satélites puede tardar hasta 5 minutos, dependiendo de la cobertura GPS/GLONASS de la zona. Se recomienda situar el vehículo al aire libre o recorrer 5 km para ayudar al primer posicionamiento del dispositivo. Una vez instalado y con ambos leds parpadeando es necesario contactar con el 961642558 y pulsar la extensión 1 o enviar un correo a “soporte@localizadorsherlog.es” indicando el número de serie (S/N), matrícula, marca y modelo, y kilómetros. Una vez recibidas las claves de acceso para acceder al Software ya es posible emplear el Sistema de localización ya sea a través del Portal Web www.loclogpro.es (para visualizar el vehículo a través de cualquier PC/MAC) o vía móvil mediante la App LOCLOG PRO.

1. Justificación

El presente documento es el resultado obtenido en las tareas Tarea 2.1 “Desarrollo del modelo de tarificación” y Tarea 2.2 “Ponderación de las variables según criterios inclusivos” del proyecto *Eco-Peatge València: Fiscalidad verde basado en Peaje Urbano*. En él se describe cada una de las variables que conforman el modelo de tarificación que tendrá la circulación por dentro del perímetro del peaje urbano de Valencia, descrito en la Tarea 1.2 “Análisis y selección de la ubicación del piloto”. Estas tareas conforman la totalidad de la Actividad 2 “Desarrollo del modelo de toma de decisión y ponderación de las variables del modelo basado en criterios inclusivos para la determinación de precios”. Además, en este documento también se incluye la validación por expertos del modelo desarrollado, como justificación de la tarea 3.2 “Validación del modelo mediante consulta a experto” de la Actividad 3 “Desarrollo de un Piloto para la validación y afinamiento del modelo desarrollado basado en datos reales de la ciudad de València”.

2. Contexto

El modelo desarrollado y expuesto en este entregable es una primera propuesta que se puede modificar para mejorar siempre desde el punto de vista de la inclusión. En el desarrollo de este modelo se han tenido en cuenta otras experiencias desarrolladas en otros países. Por lo tanto, no se debe entender como un modelo fijo y estanco que es inmutable sino todo lo contrario, puede y de echo debe ir mejorándose y adaptándose a la realidad valenciana para que sea un modelo justo y equitativo sin perder de vista el objetivo último del mismo, MEJORAR LA SALUD Y CALIDAD DE VIDA DE LOS VALENCIANOS.

Dicho esto, este modelo tiene como finalidad asignar un coste de tarificación a los vehículos (principalmente privados) que circulen por dentro del perímetro descrito en la “Análisis y selección de la ubicación del piloto” ya que durante su circulación se están emitiendo gases de efecto invernadero culpables del calentamiento global antropogénico que esta provocando un cambio climático y otros gases contaminantes que empeoran la calidad del aire que respiran los valencianos y perjudican gravemente su salud.

3. Propuesta de modelo de tarificación para Eco-Peatge Valencia.

El modelo de tarificación consta de tres partes, una parte fija, una parte variable y unos factores de ponderación que afectarán al resultado final aumentándolo o disminuyéndolo en función de una serie de características tanto dependientes del usuario como externos de las condiciones exteriores.

Es importante destacar que los factores de ponderación propuestos en este documento son solo sugerencias de MESURA y por tanto pueden ser modificados o ajustados para una aplicación específica del modelo a una ciudad o condiciones dadas.

Mesura: [https:// webmesura.org](https://webmesura.org)

Ecopeatge València: <https://webmesura.org/ecopeatge-valencia/>

Por otro lado, se establece un coste máximo de tarifa al día de 8€ que en ningún caso se verá superado independientemente del número de km que el vehículo recorra por dentro del perímetro del peaje urbano de la ciudad.

3.1 Parte fija del modelo

La parte fija se ha determinado en base a otras experiencias existentes en otros países donde se han logrado resultados exitosos de mejora de la calidad del aire como Londres, Milán, Estocolmo, Gothenburg, etc. De este modo la parte fija del modelo es de 1€ que se aplicará a cualquier vehículo que inicie su circulación dentro del perímetro de Eco-Peatge Valencia, tanto si procede de dentro de la zona como si proviene de fuera y entra por alguno de los márgenes descritos.

3.2 Parte variable del modelo

El término variable del modelo refleja esta directamente relacionada con la cantidad de km que el vehículo recorre por dentro del perímetro determinado para el peaje urbano. Durante esta distancia que el vehículo se esta desplazando esta emitiendo tanto emisiones GEI como de otros contaminantes que afectan a la calidad del aire. Por ello, el coste asociado a la parte variable se calcula en base a esta relación y se aplicará en función de los km recorridos por el vehículo.

La parte variable del modelo depende de la cantidad distancia recorrida. Para ello se ha calculado un coste por km recorrido en base a dos tipos de emisión, Gases de Efecto Invernadero (GEI) y otros contaminantes.

- En base a Gases de Efecto Invernadero:

El cálculo dependiente de la emisión de GEI se basa en el precio del último año del bono de carbono que representa el coste de una tonelada de CO₂ eq. En base a este valor, y a los gramos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero por km recorrido obtenido de las tareas Tarea 4.1 “Generación de escenarios alternativos sobre diferentes supuestos de penetración del modelo desarrollado” y Tarea 4.2 “Evaluación de los escenarios planteados y selección de la vía más prometedora para lograr los objetivos locales de cambio climático y calidad del aire” se ha calculado el “coste” de las emisiones de GEI provocadas en cada km de desplazamiento según la composición del parque móvil de Valencia.

Así, con un coste promedio de 53,55 €/t CO₂ eq. del bono de carbono de la anualidad 2021, el coste del km de desplazamiento será de 0,0115 €/km recorrido, o lo que es lo mismo, 1,15 céntimos/km recorrido.

- En base a otras emisiones de contaminantes:

El cálculo dependiente de las emisiones de otros contaminantes se basa en el coste que la contaminación del aire tiene en las economías nacionales según la Alianza Europea de Salud Pública (EPHA, por sus siglas en inglés). Este coste asciende a 950€/año por valenciano. De manera que, dado que el transporte es el principal emisor de contaminación en las ciudades, y

considerando unos km recorridos medios al año de 15.000, el coste asociado a cada km emitiendo contaminantes es de 0,0633€/km recorrido, o lo que es lo mismo, 6,33 céntimos/km recorrido.

- Parte Variable total:

Por lo tanto, el coste variable por km recorrido dentro del perímetro del peaje urbano de Valencia es de 0,075€/km recorrido, o lo que es lo mismo, 7,5 céntimos/km recorrido.

3.3 Factores de ponderación

Por último, el resultado final del coste de tarificación se verá afectado por una serie de factores de ponderación que se describen a continuación y se justifica se aplicación:

3.3.1 Congestión

La Tarea 5.1 “Descarga y tratamiento de los datos de las espiras electromagnéticas de la ciudad” ha permitido identificar los picos de congestión que hay en Valencia gracias al análisis de los datos proporcionados por las espiras electromagnéticas de la ciudad. La congestión es uno de los principales problemas de la movilidad urbana. Los impactos medioambientales provocados por la congestión del tráfico son muchos. Algunos de ellos son las emisiones de GEI y otros contaminantes que se incrementan por distancia recorrida, los ruidos generados, etc. Además, la calidad del aire se ve altamente perjudicada por estos sucesos. Por tanto, limitar y reducir el tráfico durante los momentos del día donde mayor circulación de vehículos hay es un gran aliado en la mejora de la calidad del aire y reducción de emisiones de la ciudad.

La figura 1 muestra que la mayor cantidad de emisiones se concentran entre las 7.30 y las 21.00 horas. Sin embargo, en esa franja de tiempo hay un pico más destacado a primera hora de la mañana (de 7.30 a 10.00) donde la alta intensidad de tráfico genera un problema mayor llamado “carga de vía” que colapsan la circulación y por tanto emiten sin apenas desplazarse. En este caso el coste será afectado por un factor de ponderación de 1,1 con la finalidad de tratar de reducir congestiones en los picos de máximo tráfico. A partir de esta hora hasta las 21.00, el factor de ponderación será de 1. Finalmente, el factor de ponderación de 20.00 a 6.00 será de 0,5 debido a que no hay riesgo de congestión.

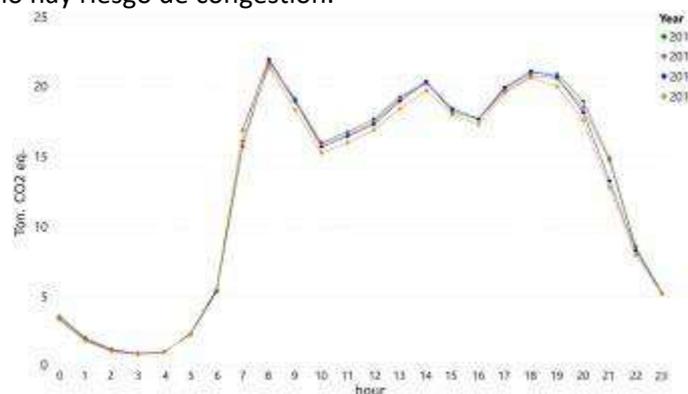


Figura 1. Media de emisiones horarias producidas en días laborables del 2016 a 2019. Fuente: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102643>.

3.3.2 Tipo de día

Por otro lado, la figura 2 muestra que la mayor cantidad de emisiones medias diarias entre tres tipos de día: 1. días de vacaciones (Holiday); 2. días de fin de semana (weekend) y 3. días laborables (Workday). En la figura se puede apreciar claramente que las emisiones de los días festivos se reducen a prácticamente cero, y que las emisiones en los días de fin de semana se reducen hasta un 30%. Por ello, el modelo cuenta con un factor de ponderación que dependerá del tipo de día, siendo: Día laborable: 1; Día festivo: 0,3 y Día de fin de semana 0,7.

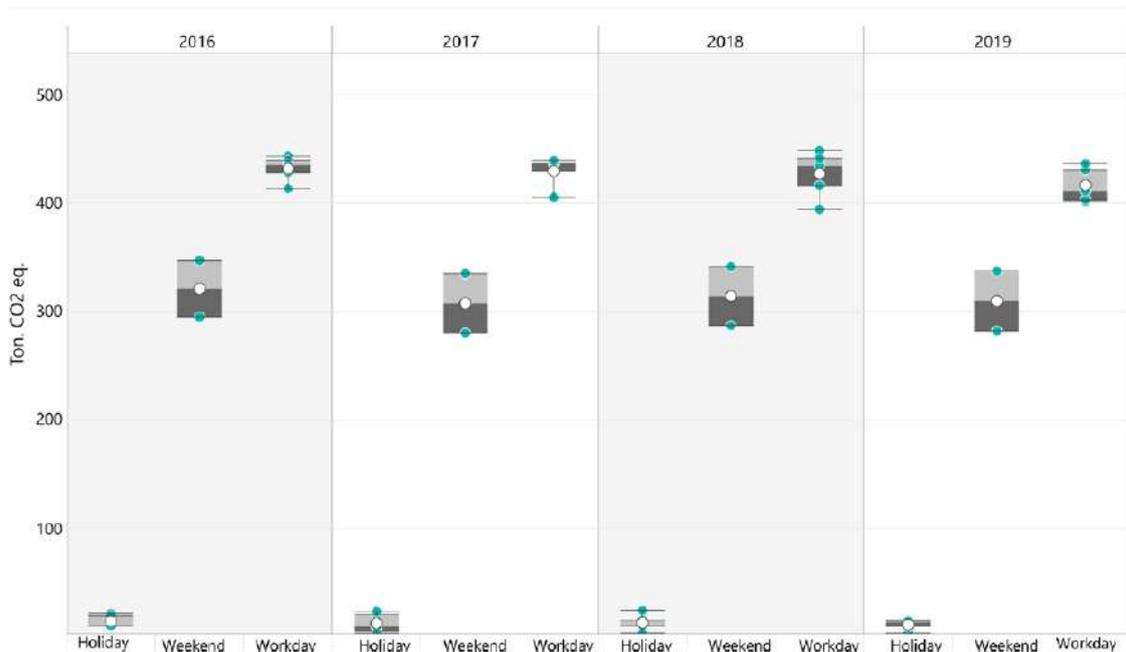


Figura 2. Media diaria de emisiones comparando días de vacaciones (Holiday), días de fin de semana (weekend) y días laborables (Workday). Años 2016-2019. Fuente: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102643>.

3.3.3 Normativa emisiva o año de fabricación del vehículo

El año de fabricación del vehículo condiciona mucho la cantidad de emisiones que el vehículo emite por distancia recorrida. Uno de los motivos principales es que la tecnología cada vez se vuelve más eficiente y por tanto cada vez combustiona mejor y utiliza menos combustible para generar la misma cantidad de energía mecánica que utiliza el vehículo para desplazarse. Por otro lado el año de fabricación también condiciona la normativa emisiva que esta obligado a cumplir el fabricante donde cada vez son más restrictivas las emisiones y por tanto cuanto más nuevo es el vehículo le toca cumplir con normativas emisivas más restrictivas (Tabla 2). Por poner un ejemplo, en la tabla 1 podemos ver las emisiones (valores medios de todos los tipos de vehículo) de normativas emisivas anteriores a 2004 (Euro 3/III y anteriores) y las emisiones de normativas emisivas a partir de 2005 (Euro 4/IV y posteriores). En esta comparativa se puede apreciar que la reducción de las emisiones de los dos gases contaminantes más importantes en el caso de

Valencia (por el número de veces que se superan los valores límite) así como de emisiones GEI. Se puede observar que los vehículos previos a 2004 emitían de media un 57,24% más de NO_x y un 87,09% más de Partículas Sólidas (PM), así como un 6,56% más de GEI.

Tabla 1. Comparativa en emisiones entre normativas emisivas pre Euro 3/III y post Euro 4/IV en cuanto a NO_x, PM y CO₂eq.

	NO _x (g/km)	PM (g/km)	CO ₂ eq (g/km)
<i>Convencional-Euro 3/III</i>	0,602	0,036	200,612
<i>Euro 4/IV-Euro 6/VI</i>	0,257	0,005	187,442
Reducción en tanto por ciento	57,24 %	87,09%	6,56%

Por lo tanto, el factor de ponderación se establece en base al año de fabricación o Normativa emisiva de manera que los vehículos que tengan una normativa emisiva previa al año 2005 o lo que es lo mismo, Euro 3/III y los anteriores (más de 18 años de antigüedad), tendrán un factor de ponderación que aumentará el coste de la tarifa. Sin embargo, los vehículos desde el año 2009 en adelante o lo que es lo mismo Euro 5/V y Euro 6/VI, tendrán un factor de ponderación que reducirá el coste de la tarifa. Los factores de ponderación por cada normativa emisiva se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2. Relación año de fabricación con la normativa emisiva y el factor de ponderación asociado.

Año de Fabricación Aproximado		Normativa emisiva	Factor de ponderación
de	a		
-	1992	Pre-Euro 1/I	1,8
1993	1996	Euro 1/I	1,6
1997	1999	Euro 2/II	1,4
2000	2004	Euro 3/III	1,2
2005	2009	Euro 4/IV	1
2010	2014	Euro 5/V	0,8
2015	-	Euro 6/VI	0,6

3.3.4 Episodios de contaminación

El peaje urbano que proponemos en este proyecto tiene como objetivo principal mejorar la calidad del aire. Por tanto, cuando se registren valores cercanos a los valores límite que establece la directiva europea 2008/50/CE relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Del registro histórico de número de veces en los que se ha superado los valores límite establecidos por la Comisión Europea, el contaminante que más veces lo ha sobrepasado es el de NO₂. Por tanto, se han analizado los registros históricos de medición de NO₂ de las estaciones de la "Red valenciana de vigilancia y control de la contaminación atmosférica" o RVVCCA que se encuentran dentro del perímetro de la ciudad de Valencia. Así, el número medio de días que las estaciones de la RVVCCA de Valencia han

alcanzado los rangos de NO₂ descritos se pueden ver en la tabla 3, junto a su factor de ponderación.

Tabla 3. Número de veces de media que las estaciones de la RVVCCA han registrado valores de los rangos descritos.

Rangos	Número de días de media que se han alcanzado los valores (en %)	Factor de ponderación
<10	9	0,6
de 10 a 20	28	0,8
de 20 a 30	26	1
de 30 a 40	18	1,2
>=40	19	1,4

Este factor de ponderación podría aplicarse para otros contaminantes importantes, sin embargo el NO₂ es uno de los contaminantes más importantes en las ciudades y por tanto nuestra propuesta incluye su utilización. Por otro lado, es el único factor de ponderación que se ve modificado cada día, por tanto tiene una mayor complejidad para su aplicación. Por tanto, este coeficiente puede eliminarse para facilitar la aplicación del modelo.

3.3.5 Tipología de vehículo

La tipología del vehículo, y sobre todo su peso, condiciona la cantidad de combustible que consumo y por tanto la cantidad de emisiones asociadas a cada km que recorre. En la tabla 4 se pueden comparar los valores estimados de emisión de NO_x, PM y CO₂ eq. por tipología de vehículo y el factor de ponderación asociado.

Tabla 4. Valores estimativos de emisiones de NO_x, PM y CO₂ eq. por tipología de vehículo.

	NO _x (g/km)	PM (g/km)	CO ₂ eq (g/km)	Factor de ponderación
Autobuses (No públicos)	7,586	0,352	1014	1,4
Camiones de más de 3500kg	3,512	0,181	625,962	1,3
Camiones hasta 3500kg	0,863	0,045	278,544	1,2
Furgonetas	0,727	0,035	278,203	1,1
Turismos	0,454	0,023	194,968	1
Motocicletas	0,203	0,044	118,868	0,8
Ciclomotores	0,175	0,036	98,825	0,8

3.3.6 Tipología de combustible

La tipología de combustible condiciona la cantidad y tipología de emisión producido. De manera que los vehículos Diesel son los que más gases contaminantes emiten y por tanto los que más perjudican la calidad del aire. Por tanto, los vehículos diésel tendrán un factor de ponderación de 1,2. Por otro lado, los vehículos eléctricos tendrán un factor de ponderación de 0,2 ya que no tiene emisiones contaminantes pero si tiene las emisiones de GEI asociadas al Mix eléctrico

(proporción de fuentes energéticas utilizadas para generar la electricidad). El resto de tipologías de combustible contarán con un factor de ponderación de 1.

3.3.7 Otras variables inclusivas

Finalmente, se describen otras variables que no afectan a la emisión de GEI ni de otros contaminantes pero que promueven una tarificación justa e inclusiva:

- Personas con movilidad reducida o diversidad funcional. Factor de ponderación 0.
- Residentes. Factor de ponderación de 0,5 en un radio de 500 metros de su vivienda.
- Trabajador que se desplaza a polígonos industriales o lugares sin acceso mediante transporte público. Factor de ponderación 0,1
- Transporte de mercancías y servicios de logística. Factor de ponderación de 0,3.
- Familia numerosa. Factor de ponderación 0,8

En este informe hemos seleccionado un número de variables que desde MESURA consideramos necesarias. Esto no implica que no puedan ser más las variables a considerar.

4. Modelo de tarificación

Las diferentes variables y factores de ponderación descritas en los apartados anteriores se combinan de la siguiente forma para conformar el modelo de tarificación propuesto en Eco-Peatge Valencia:

$$Tarifa = (Fijo + (Variable \times km) \times Factores\ de\ Ponderación) \times Otras\ Variables\ Inclusivas$$

Siendo Factores de Ponderación los correspondientes a los apartados del 3.3.1 al 3.3.6 y Otras Variables Inclusivas las correspondientes al apartado 3.3.7.

5. Ejemplos de aplicación del modelo desarrollado

Ejemplo 1: Trabajador de la Universidad de Valencia que vive en Alaquàs.	COSTE TARIFA
Km recorridos por dentro del perímetro de Eco-Peatge Valencia: 8,8 Día de la semana: Lunes laborable Hora de circulación: 8.00 Normativa emisiva: Euro 4 Contaminación día previo: 24 Tipología de Vehículo: Coche Tipología de combustible: Diesel	1,871 €

Ejemplo 2: Persona con movilidad reducida	COSTE TARIFA
---	--------------

Km recorridos por dentro del perímetro de Eco-Peatge Valencia: 3 Día de la semana: Festivo Hora: 12.00 Normativa emisiva: Euro 3 Contaminación día previo: 9 Tipología de Vehículo: Coche Tipología de combustible: Gasolina	0 €
---	------------

Ejemplo 3: Residente en valencia que acude a su trabajo en la Pobra de Farnals	COSTE TARIFA
Km recorridos por dentro del perímetro de Eco-Peatge Valencia: 4,6 Día de la semana: Fin de semana Familia numerosa Hora: 14.00 Normativa emisiva: Euro 5 Contaminación día previo: 42 Tipología de Vehículo: Furgoneta Tipología de combustible: Diesel	1,070€

Ejemplo 4: Ejemplo de máximos precios (en función de los km recorridos)	COSTE TARIFA
Km recorridos por dentro del perímetro de Eco-Peatge Valencia: 10	4,492€

6. Validación del modelo mediante consulta experto

Una vez desarrollado el modelo, se ha enviado a diferentes expertos del sector tanto público como privado. Todos ellos han mostrado su enhorabuena por el modelo desarrollado poniendo énfasis en que se trata de un modelo que integra el coste medioambiental en aquellos que lo producen (los vehículos). No se les ha preguntado directamente por la ponderación de las variables ya que es algo que puede variar en tiempo y lugar. Sin embargo, el modelo desarrollado ha contado con el visto bueno de expertos reconocidos como Xavier Querol Carceller, investigador del del IDAEA-CSIC y Carles Fuentes de Abertis Mobility Services, entre otros.

1. Justificación

El presente documento es el resultado obtenido en la Tarea 3.1 “Diseño e interconexión del sistema de MESURA al hardware instalado” del proyecto *Eco-Peatge València: Fiscalidad verde basado en Peaje Urbano*. En él se describe la funcionalidad del software para Eco-Peatge y su interconexión con cualquier infraestructura de datos.

2. Contexto

Para la parte experimental del proyecto *Eco-Peatge*, se ha recogido la información de 50 dispositivos GPS en un periodo de 30 días (entre el 9 de Febrero y 11 de Marzo de 2022). Para la simplificación de los resultados, se han agrupado los dispositivos en 3 tipos de vehículos, en función de su uso:

Particulares: Vehículos de las personas residentes en la ciudad de València y con lugar de trabajo fuera de la ciudad.

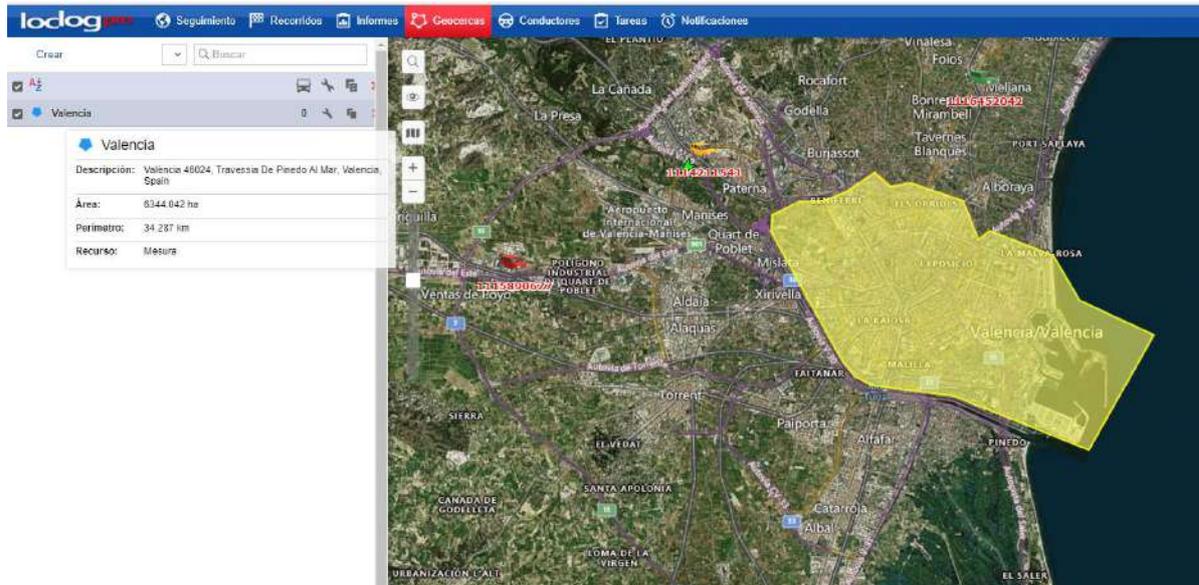
Servicios: Vehículos de empresas de servicios con actividad esporádica dentro de la ciudad de València (1 o 2 veces a la semana).

Reparto: Vehículos de empresas de servicios con actividad frecuente dentro de la ciudad de València (prácticamente a diario).

3. Visualización de los datos en el sistema y compatibilidad con la web de MESURA.

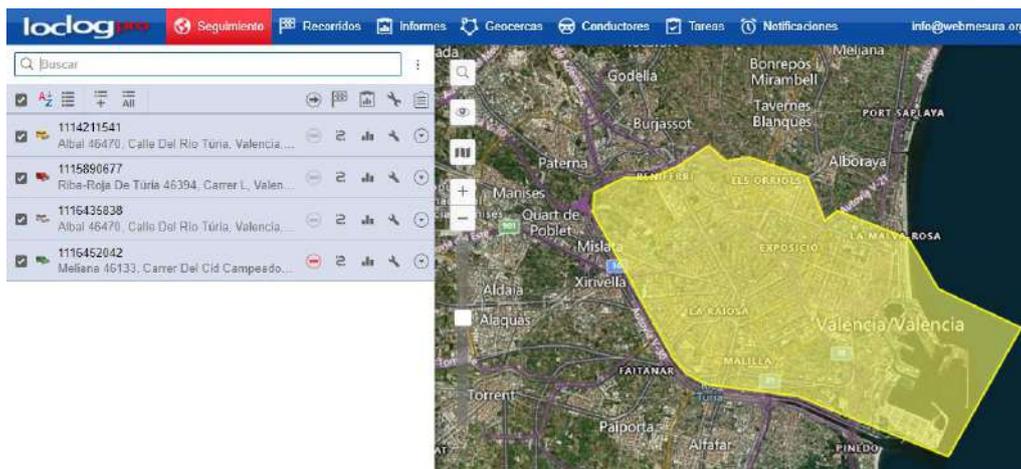
3.1 SOFTWARE. VISUALIZACIÓN DE DISPOSITIVOS

Los dispositivos seleccionados para *Eco-Peatge*, U500-BAT de Localizador Sherlog, pueden visualizarse a través del portal web www.loclogpro.es para PC/MAC o vía móvil con la App LOCLOG PRO. Una de las posibilidades del software, es la creación de “geocercas” para la limitación de zonas. La geocerca para *Eco-Peatge València* sería:

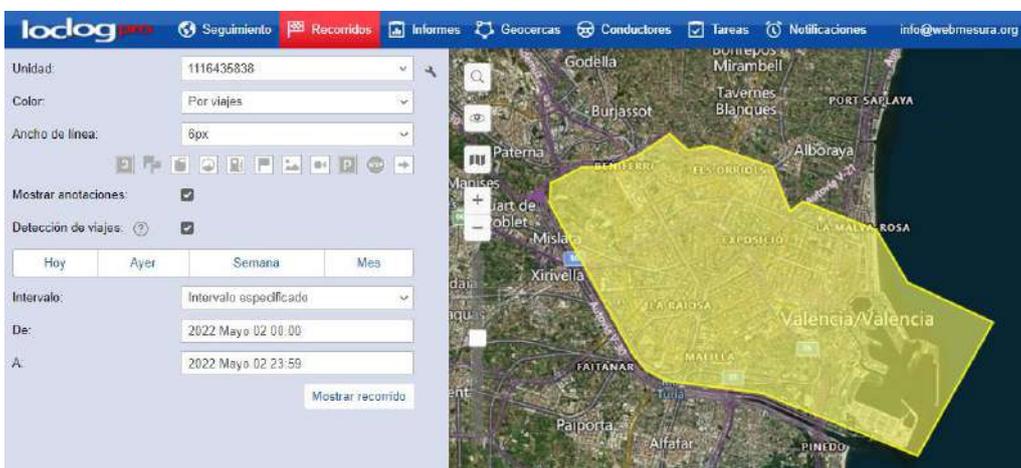


Las funciones básicas del software son el seguimiento, recorrido e informes de los diferentes dispositivos GPS:

3.1.1 SEGUIMIENTO DE DISPOSITIVOS:

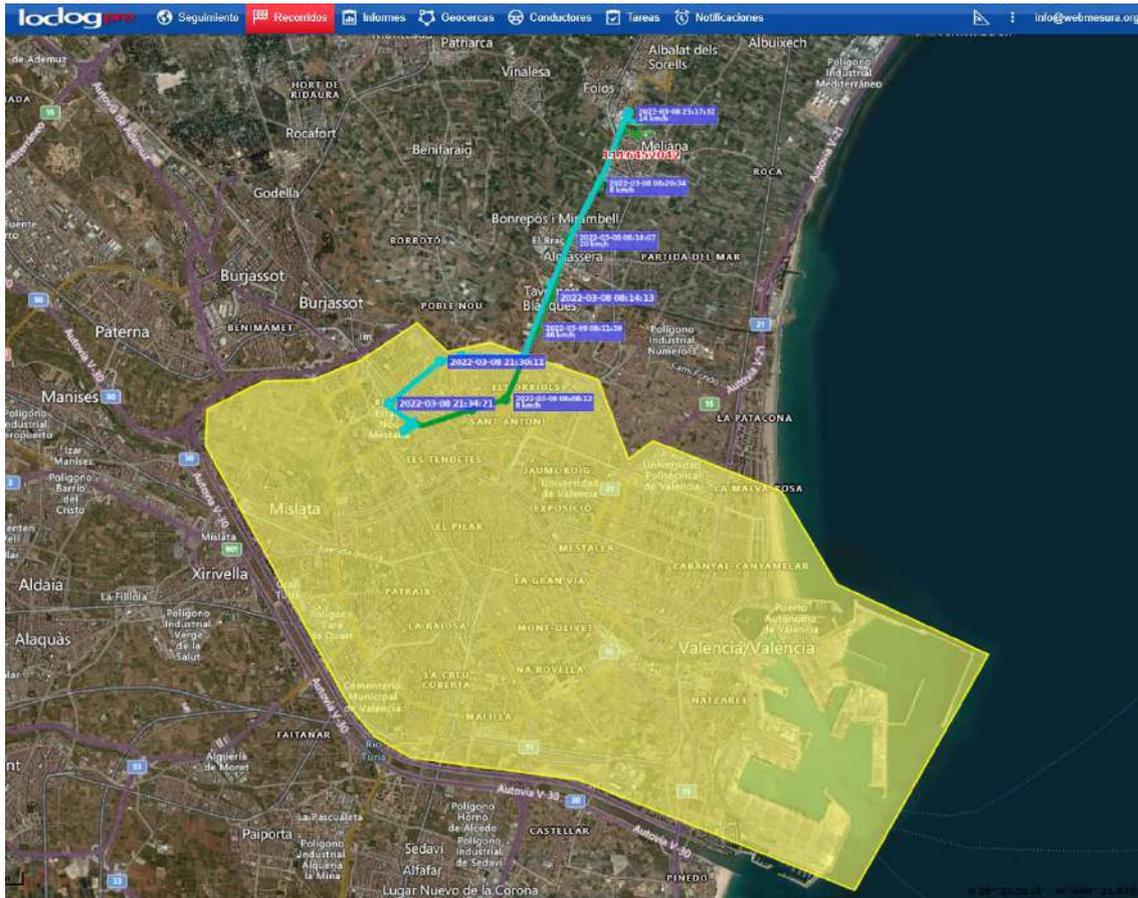


3.1.2 RECORRIDO DE DISPOSITIVOS:

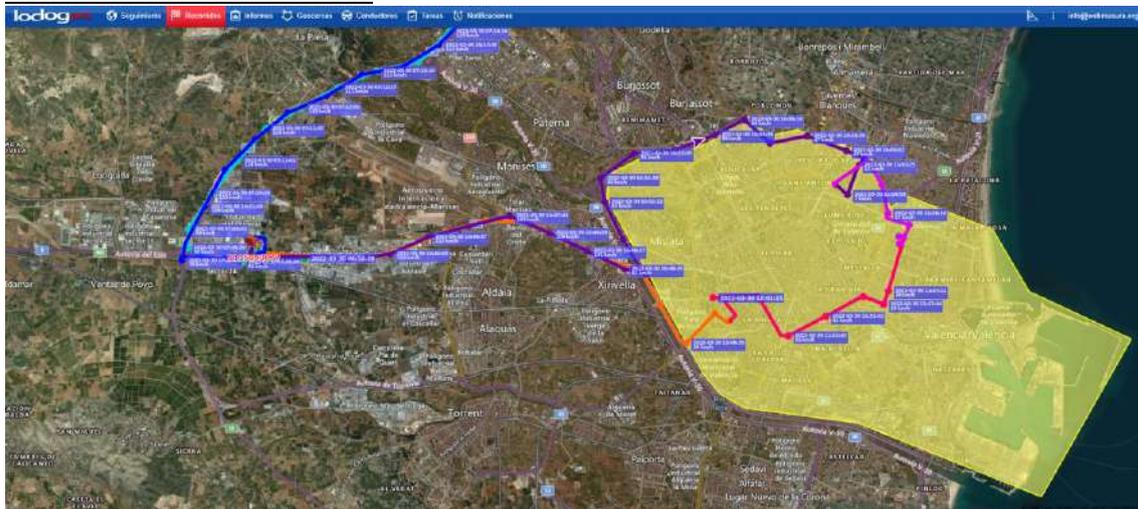


Mesura: [https:// webmesura.org](https://webmesura.org)

Ecopeatge València: <https://webmesura.org/ecopeatge-valencia/>



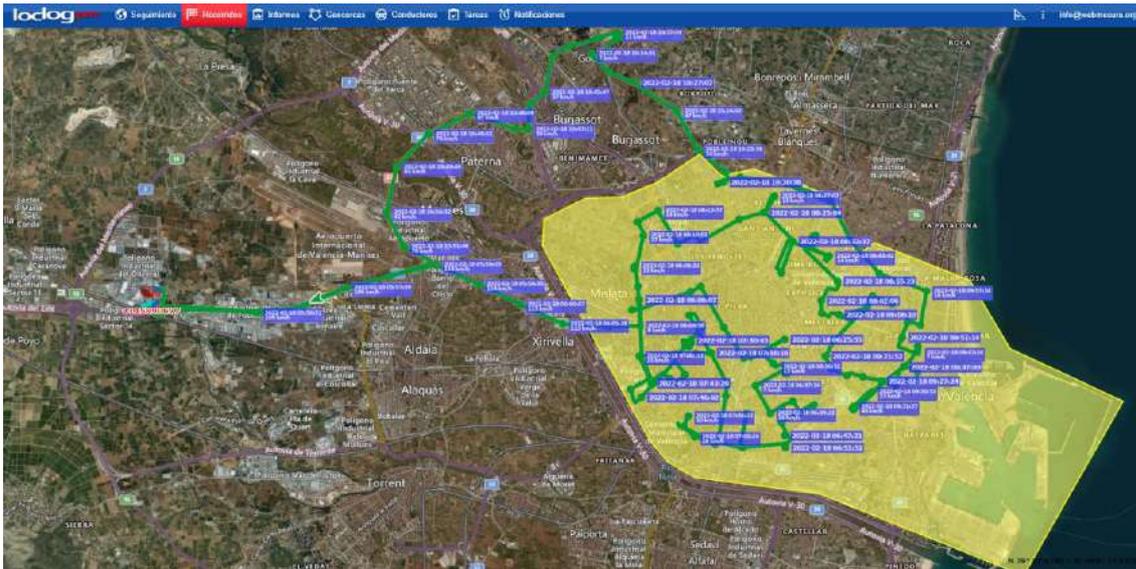
Recorrido vehículo SERVICIOS:



Recorrido vehículo REPARTO:

Mesura: [https:// webmesura.org](https://webmesura.org)

Ecopeatge València: <https://webmesura.org/ecopeatge-valencia/>



Los datos generados pueden descargarse en formato PDF y EXCEL, y corresponden a datos relacionados con los tiempos de estacionamiento/circulación, kilómetros recorridos y geocerca o zona de limitación. Dos ejemplos en formato Excel de datos totales y geocerca serían:

A	B	C	D	E	F	G	H	I
NO	Agrupación	Tipo	Inicio	Fin	Tiempo	Descripción		
1.1	11421544	Estacionamiento	09 Feb 09:32:40	09 Feb 06:21:34	5:48:45	---		
1.2	11421544	Estacionamiento	09 Feb 07:53:33	09 Feb 12:03:07	4:19:24	---		
1.3	11421544	Estacionamiento	09 Feb 13:33:07	09 Feb 14:10:07	0:37:00	---		
1.4	11421544	Estacionamiento	09 Feb 14:10:09	10 Feb 07:10:10	16:58:09	---		
1.5	11421544	Estacionamiento	10 Feb 07:37:57	10 Feb 07:59:53	0:21:55	---		
1.6	11421544	Estacionamiento	10 Feb 08:02:26	10 Feb 09:40:11	1:37:44	---		
1.7	11421544	Estacionamiento	10 Feb 10:10:30	10 Feb 10:27:26	0:16:47	---		
1.8	11421544	Estacionamiento	10 Feb 10:31:47	10 Feb 11:48:19	1:16:32	---		
1.9	11421544	Estacionamiento	11 Feb 06:35:09	11 Feb 06:35:09	18:41:24	---		
1.10	11421544	Estacionamiento	11 Feb 07:19:13	11 Feb 07:35:15	0:16:02	---		
1.11	11421544	Estacionamiento	11 Feb 07:39:02	11 Feb 07:48:15	0:09:13	---		
1.12	11421544	Estacionamiento	11 Feb 07:51:40	11 Feb 09:00:00	0:08:20	---		
1.13	11421544	Estacionamiento	11 Feb 09:05:05	11 Feb 13:30:01	5:23:55	---		
1.14	11421544	Estacionamiento	11 Feb 13:33:32	11 Feb 13:39:56	0:06:23	---		
1.15	11421544	Estacionamiento	11 Feb 14:35:38	14 Feb 06:09:39	2 días 15:34:01	---		
1.16	11421544	Estacionamiento	14 Feb 08:01:07	14 Feb 13:15:53	5:14:46	---		
1.17	11421544	Estacionamiento	14 Feb 14:59:59	15 Feb 06:41:11	15:41:12	---		
1.18	11421544	Estacionamiento	15 Feb 07:40:30	15 Feb 07:49:51	0:09:13	---		
1.19	11421544	Estacionamiento	15 Feb 07:58:20	15 Feb 08:13:46	0:15:17	---		
1.20	11421544	Estacionamiento	15 Feb 08:22:03	15 Feb 08:54:32	0:32:29	---		
1.21	11421544	Estacionamiento	15 Feb 09:02:08	15 Feb 11:04:44	2:02:36	---		
1.22	11421544	Estacionamiento	15 Feb 11:13:19	15 Feb 11:23:26	0:10:17	---		
1.23	11421544	Estacionamiento	15 Feb 11:31:34	15 Feb 12:26:01	0:54:27	---		
1.24	11421544	Estacionamiento	15 Feb 12:32:28	15 Feb 12:38:16	0:05:47	---		
1.25	11421544	Estacionamiento	15 Feb 13:42:54	16 Feb 09:06:51	18:23:57	---		
1.26	11421544	Viaje	09 Feb 06:21:34	09 Feb 07:53:33	1:31:50	Kilómetros: 132 km		
1.27	11421544	Viaje	09 Feb 12:03:07	09 Feb 13:33:07	1:30:00	Kilómetros: 133 km		
1.28	11421544	Viaje	09 Feb 14:10:07	09 Feb 14:12:00	0:01:52	Kilómetros: 0,28 km		
1.29	11421544	Viaje	10 Feb 07:10:10	10 Feb 07:37:57	0:27:39	Kilómetros: 24 km		
1.30	11421544	Viaje	10 Feb 07:59:53	10 Feb 08:02:26	0:02:32	Kilómetros: 0,16 km		
1.31	11421544	Viaje	10 Feb 09:40:11	10 Feb 10:10:30	0:30:28	Kilómetros: 22 km		
1.32	11421544	Viaje	10 Feb 10:27:26	10 Feb 10:31:47	0:04:21	Kilómetros: 0,67 km		
1.33	11421544	Viaje	10 Feb 11:48:19	10 Feb 11:53:45	0:05:25	Kilómetros: 0,97 km		
1.34	11421544	Viaje	11 Feb 06:35:09	11 Feb 07:19:13	0:44:04	Kilómetros: 59 km		
1.35	11421544	Viaje	11 Feb 07:35:15	11 Feb 07:39:02	0:03:47	Kilómetros: 0,50 km		
1.36	11421544	Viaje	11 Feb 07:48:15	11 Feb 07:51:40	0:03:25	Kilómetros: 0,23 km		
1.37	11421544	Viaje	11 Feb 09:00:00	11 Feb 09:05:05	0:05:05	Kilómetros: 0,41 km		
1.38	11421544	Viaje	11 Feb 13:30:01	11 Feb 13:33:32	0:03:31	Kilómetros: 0,19 km		
1.39	11421544	Viaje	11 Feb 13:39:56	11 Feb 14:35:38	0:55:42	Kilómetros: 59 km		
1.40	11421544	Viaje	14 Feb 08:09:39	14 Feb 08:01:07	1:51:28	Kilómetros: 154 km		
1.41	11421544	Viaje	14 Feb 13:15:53	14 Feb 14:59:59	1:44:05	Kilómetros: 155 km		
1.42	11421544	Viaje	15 Feb 06:41:11	15 Feb 07:40:30	0:59:27	Kilómetros: 90 km		
1.43	11421544	Viaje	15 Feb 07:49:51	15 Feb 07:58:20	0:08:38	Kilómetros: 0,26 km		
1.44	11421544	Viaje	15 Feb 08:13:46	15 Feb 08:22:03	0:08:17	Kilómetros: 0,25 km		
1.45	11421544	Viaje	15 Feb 08:54:32	15 Feb 09:02:08	0:07:36	Kilómetros: 0,48 km		
1.46	11421544	Viaje	15 Feb 11:04:44	15 Feb 11:13:19	0:08:35	Kilómetros: 0,62 km		
1.47	11421544	Viaje	15 Feb 11:23:26	15 Feb 11:31:34	0:07:56	Kilómetros: 0,15 km		
1.48	11421544	Viaje	15 Feb 12:26:01	15 Feb 12:32:28	0:06:28	Kilómetros: 0,64 km		
1.49	11421544	Viaje	15 Feb 12:38:16	15 Feb 13:42:54	1:03:38	Kilómetros: 81 km		
1.50	11421544	Viaje	16 Feb 09:06:51	16 Feb 09:17:05	0:10:14	Kilómetros: 0,97 km		
1.51	11421544	Viaje	16 Feb 09:22:08	16 Feb 09:55:21	0:33:13	Kilómetros: 14,33 km		
1.52	11421544	Viaje	16 Feb 13:01:36	16 Feb 13:25:20	0:23:54	Kilómetros: 13,94 km		

Descargas datos totales

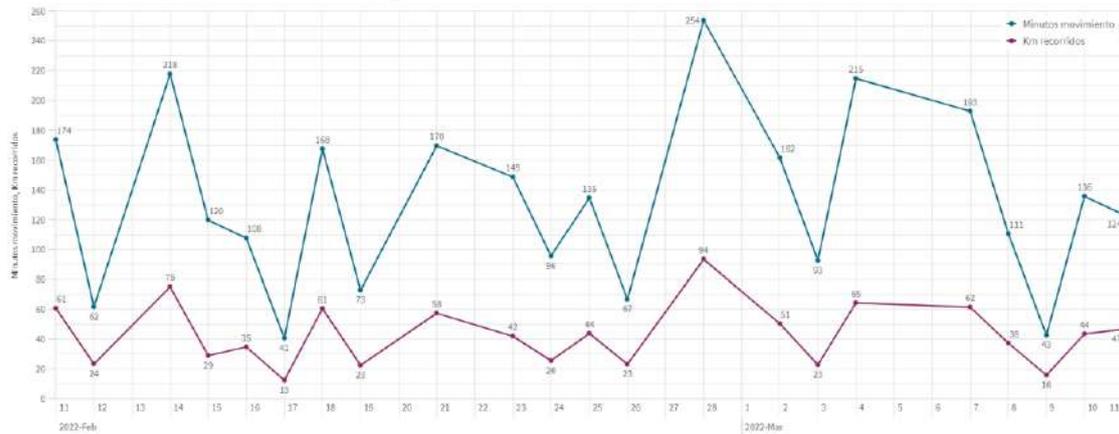
A	B	C	D	E	F	
Geocerca	Hora de entrada	Hora de salida	Duración en	Duración de estacionamiento	Kilómetros	
1	09 Feb	00:56:25	09 Feb 14:26:34	13:30:09	13:31:37	2,59 km
2	09 Feb	14:28:54	09 Feb 16:14:47	1:45:53	1:24:06	8,62 km
3	09 Feb	22:28:09	10 Feb 07:41:34	9:15:25	8:54:04	4,81 km
4	10 Feb	17:04:58	11 Feb 17:51:00	1 día 0:46:02	1 día 0:02:20	10,75 km
5	13 Feb	15:20:40	13 Feb 15:20:49	0:00:09	0:00:00	0,09 km
6	13 Feb	15:28:10	14 Feb 07:39:16	16:11:00	15:51:26	6,10 km
7	14 Feb	16:21:47	15 Feb 10:18:11	17:06:24	17:13:31	11,05 km
8	15 Feb	10:21:30	15 Feb 10:21:30	0:00:04	0:00:00	0,03 km
9	16 Feb	10:14:56	16 Feb 11:17:38	1:02:42	18:41:40	6,52 km
10	16 Feb	15:08:40	16 Feb 15:10:11	0:01:30	0:00:00	3,10 km
11	16 Feb	22:18:35	17 Feb 07:29:14	8:10:39	8:35:19	13,35 km
12	17 Feb	16:22:00	18 Feb 09:01:57	16:39:51	15:21:13	14,32 km
13	18 Feb	12:43:24	18 Feb 12:52:03	0:08:39	0:00:00	3,10 km
14	18 Feb	14:25:25	18 Feb 17:00:58	2:41:13	2:24:02	5,70 km
15	20 Feb	19:54:08	23 Feb 08:17:28	2 días 12:23:20	2 días 12:03:00	6,0 km
16	23 Feb	15:37:56	23 Feb 15:41:32	0:03:36	0:00:00	2,23 km
17	23 Feb	22:59:24	24 Feb 08:29:57	9:30:33	9:02:36	6,52 km
18	24 Feb	21:22:01	25 Feb 08:33:45	11:11:44	10:43:20	8,25 km
19	25 Feb	14:44:25	25 Feb 16:30:39	1:52:14	1:24:19	8,00 km
20	27 Feb	17:24:00	27 Feb 17:24:13	0:00:07	0:00:00	1,08 km
21	27 Feb	17:31:20	27 Feb 17:34:53	0:03:33	0:00:00	1,55 km
22	27 Feb	19:14:45	27 Feb 19:42:56	0:28:11	0:12:39	0,88 km
23	27 Feb	20:00:33	28 Feb 06:40:59	10:40:26	9:55:24	14,50 km
24	28 Feb	16:20:48	01 Mar 13:03:35	20:42:47	20:03:12	13,52 km
25	01 Mar	16:14:40	02 Mar 09:25:12	17:06:32	16:40:37	8,28 km
26	02 Mar	18:03:21	03 Mar 08:27:21	14:24:00	13:50:07	6,91 km

Descarga datos geocerca (Eco-peatge)

3.3 GESTIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

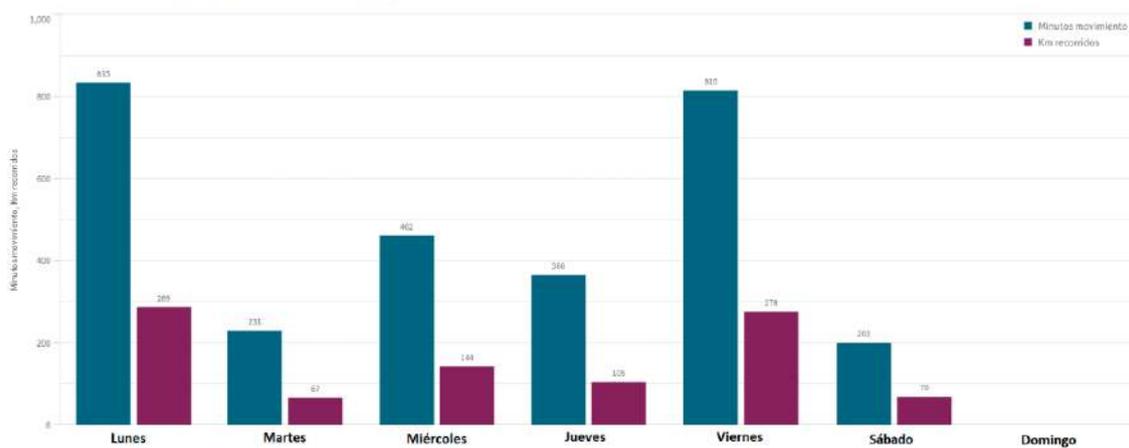
A partir de los datos descargados y con una serie de adaptaciones en los formatos de tiempo y kilometraje, se pueden obtener resultados comparables para los distintos tipos de vehículos establecidos. A continuación, se muestran unas gráficas que representarían la evolución, distribución y comparación de la movilidad de los vehículos en *Eco-Peatge*:

ECOPEATGE VALENCIA. Vehículo de Reparto



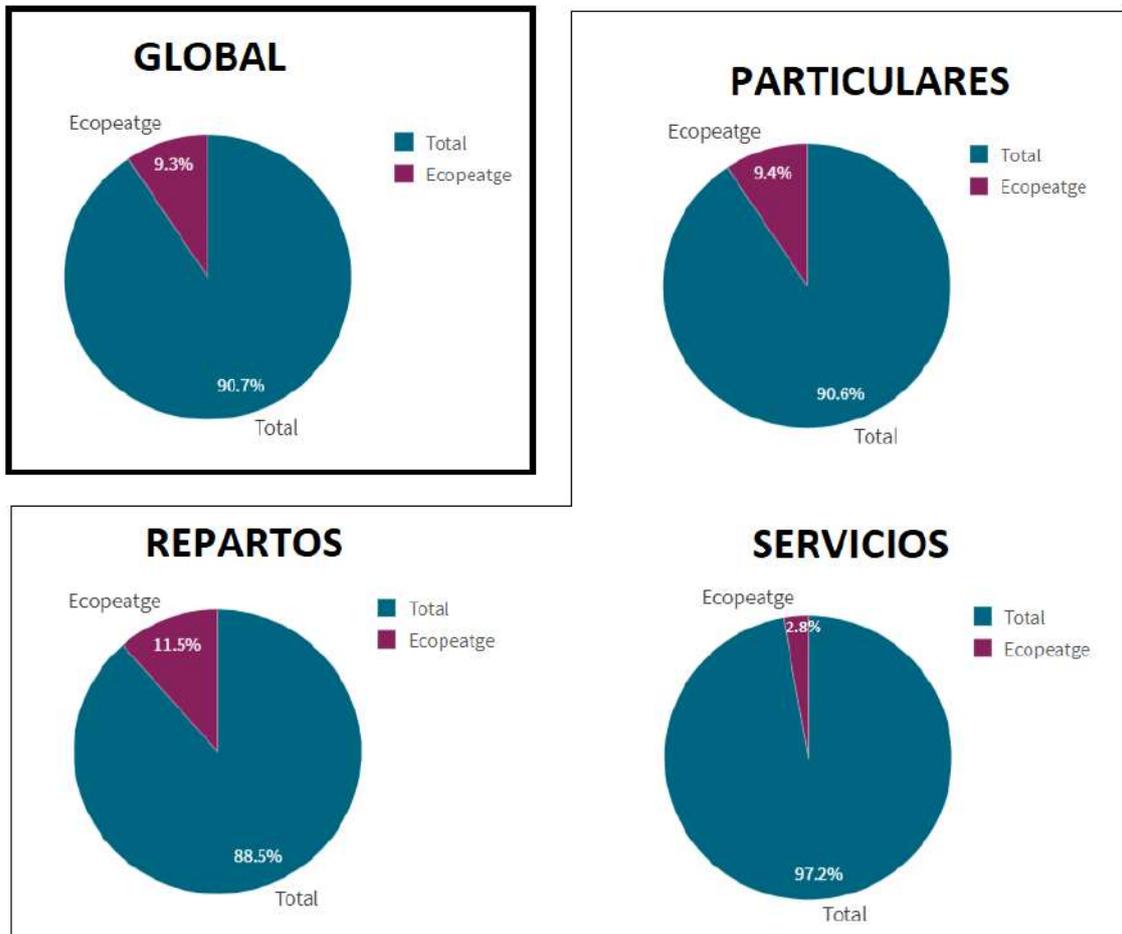
Evolución diaria del tiempo en movimiento y km recorridos en Ecopeatge.

ECOPEATGE VALENCIA. Vehículo de Reparto



Distribución semanal del tiempo en movimiento y km recorridos en Ecopeatge

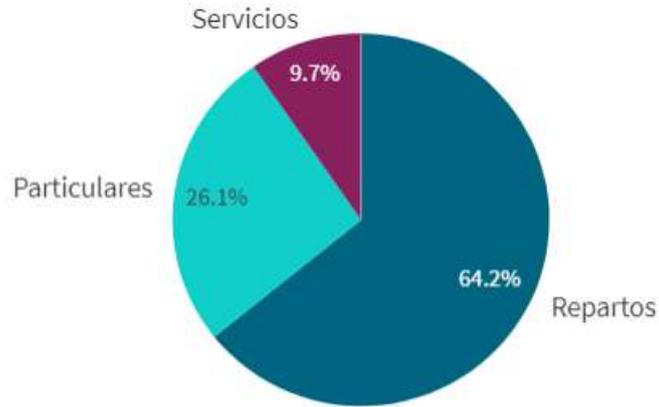
Para la comparativa entre los kilómetros que recorren los vehículos en total y dentro de Ecopeatge València, se obtiene:



Relación kilómetros recorridos por los vehículos en TOTAL y dentro de ECOPEATGE VALÈNCIA

La distribución de los kilómetros recorridos por los vehículos dentro de la zona Ecopeatge València se reparte de la siguiente manera:

ECOPEATGE VALÈNCIA. Distribución por tipo de vehículo



Distribución de km recorridos en Ecopeatge València

ECOPEATGE VALÈNCIA. Distribución semanal



Distribución de km recorridos en Ecopeatge València por día de la semana

4. Conclusiones

Además de los datos directos que nos proporciona el software del GPS de tiempo en movimiento y distancia recorrida, podemos obtener otros parámetros e indicadores que nos permiten caracterizar la movilidad en la ciudad. Podemos determinar, por ejemplo, los tiempos de estacionamiento de cada vehículo y la fluidez de la circulación. Con los datos registrados, se obtiene un tiempo medio para la circulación TOTAL de los vehículos de 1,1 minutos/km, mientras que para la zona de ECOPEATGE, el resultado es de 3,1 minutos/km.

Esto demuestra el potencial del sistema propuesto no solo para la tarificación justa e inclusiva sino también para una cuantificación de emisiones mucho más precisa que la actual (entregable correspondiente a la tarea 4.1 “Generación de escenarios alternativos sobre diferentes supuestos de penetración del modelo desarrollado” que conllevaría una capacidad de análisis con alta resolución espacial y temporal que permitiría mejorar la eficiencia de las medidas de mitigación adoptadas. Algunos ejemplos concretos de esto, donde se vería mejorada significativamente la capacidad de gestión son:

- Gestión de zonas de aparcamiento
- Gestión de congestión
- Gestión de parkímetros
- Gestión de lanzaderas a polígonos y otros núcleos receptores de gran movilidad urbana.
- Etc.

Estos dispositivos pueden probarse también en otro tipo de vehículos como taxi, Cabify, autobuses, etc. para mejorar las estimaciones obtenidas en este informe. Finalmente añadir que el sistema expuesto, Sherlog, tan solo es un ejemplo dentro de un gran mercado que debería analizarse para identificar la opción más óptima.

1. Justificación

El presente documento es el resultado obtenido en el desarrollo de las tareas Tarea 4.1 “Generación de escenarios alternativos sobre diferentes supuestos de penetración del modelo desarrollado” y Tarea 4.2 “Evaluación de los escenarios planteados y selección de la vía más prometedora para lograr los objetivos locales de cambio climático y calidad del aire” de la Actividad 4. “Simulación mediante la generación de escenarios sobre diferentes impactos provocados por el modelo desarrollado para evaluar las vías que tiene la ciudad de Valencia para cumplir con los compromisos adquiridos en materia de Cambio Climático y Calidad del Aire” del proyecto *Eco-Peatge València: Fiscalidad verde basado en Peaje Urbano*. El objetivo general de del trabajo desarrollado en esta tarea es estimar las emisiones tanto de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como de otros contaminantes en dos escenarios simulados con diferente grado de implementación de un peaje urbano para la ciudad de Valencia.

2. Contexto metodológico

Los sistemas de regulación de acceso de vehículos urbanos tienen un impacto positivo en la reducción del tráfico que impacta sobre el total de emisiones tanto de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como de otros contaminantes (CO, NO_x, NMVOC, NH₃, PM_{2,5}) que se emiten en los núcleos urbanos.

En el análisis del piloto de Valencia se ha realizado un análisis donde se han simulado dos escenarios de implementación de un peaje urbano como sistema de regulación que afectaría al 20% (Escenario 1 o E1) y al 25% (Escenario 2 o E2) de los vehículos susceptibles de estas medidas (Turismos y Vehículos de servicios ligeros). Así, los dos escenarios planteados lograrían un total de reducción del tráfico del 18,6% en el caso de E1 y del 23,2% en el caso de E2. Esta reducción se ha estimado en base a un análisis bibliográfico de experiencias previas existentes y consolidadas como la de Londres, Milán, Estocolmo o Gothenburg. Por tanto, se ha evaluado el impacto que esta reducción del tráfico provocaría sobre el total de emisiones tanto GEI como de otros contaminantes que afectan a la calidad del aire en el ámbito urbano.

Para ello, se ha realizado una caracterización del parque móvil de Valencia siendo conscientes de que parte del flujo de vehículos de la ciudad se deben a vehículos de la zona metropolitana y que parte del parque móvil de Valencia se mueve por fuera de la ciudad. Con esta consideración estamos seguros de que nos encontramos desde el lado más desfavorable y por tanto las emisiones evitadas reales serán en cualquier caso mayores que las estimadas.

Por otro lado, para el cálculo del escenario actual se ha utilizado el parque móvil de Valencia, obtenido de la base de datos de la DGT. Los factores de emisión, recorridos medios y otras variables utilizadas para el cálculo se han obtenido de bases de datos nacionales (IDEA, IVACE) y europeas (IPCC, EMEP/EET, USEPA).

3. Resultados

Con todo ello las emisiones anuales estimadas para cada tipología de contaminante, según las condiciones fijadas para el escenario actual son las siguientes:

Emisiones del Escenario actual								
t CH ₄	t N ₂ O	t CO ₂	t CO ₂ eq	t CO	t NO _x	t NMVOC	t NH ₃	t PM 2.5
70	1.763	840.409	1.309.433	4.850	3.280	835	16	189

3.1 Escenario 1.

Tras la aplicación de las consideraciones establecidas para la simulación del Escenario 1 con la implementación del sistema de regulación del tráfico propuesto en Eco-Peatge, obtenemos las siguientes emisiones anuales estimadas:

Emisiones del Escenario 1 de Eco-Peatge								
t CH ₄	t N ₂ O	t CO ₂	t CO ₂ eq	t CO	t NO _x	t NMVOC	t NH ₃	t PM 2.5
64	1.324	710.109	1.062.759	4.258	2.841	760	13	173

El impacto sobre las emisiones de la implementación de sistemas de peaje urbano como sistema de regulación del tráfico urbano queda reflejado de la siguiente manera:

Emisiones Evitadas en el Escenario 1 de Eco-Peatge									
	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CO ₂ eq	CO	NO _x	NMVOC	NH ₃	PM 2.5
↓ t	6	439	130.299	246.674	592	439	74	3	16
↓ %	8	25	16	19	12	13	9	21	9

Tras los resultados obtenidos se concluye que mediante un sistema de peaje urbano se puede lograr una reducción de al menos un 19% de emisiones GEI y entre un 9 y un 21% de otros gases Contaminantes. Esto implica una reducción de 246.674 toneladas de CO₂ eq. (teniendo en cuenta los Potenciales de Calentamiento Global (PCG) del Panel Intergubernamental contra el Cambio Climático para los gases CH₄, N₂O y CO₂), y un total de 592, 439, 74, 3 y 16 toneladas de CO, NO_x, NMVOC, NH₃ y PM_{2,5} respectivamente.

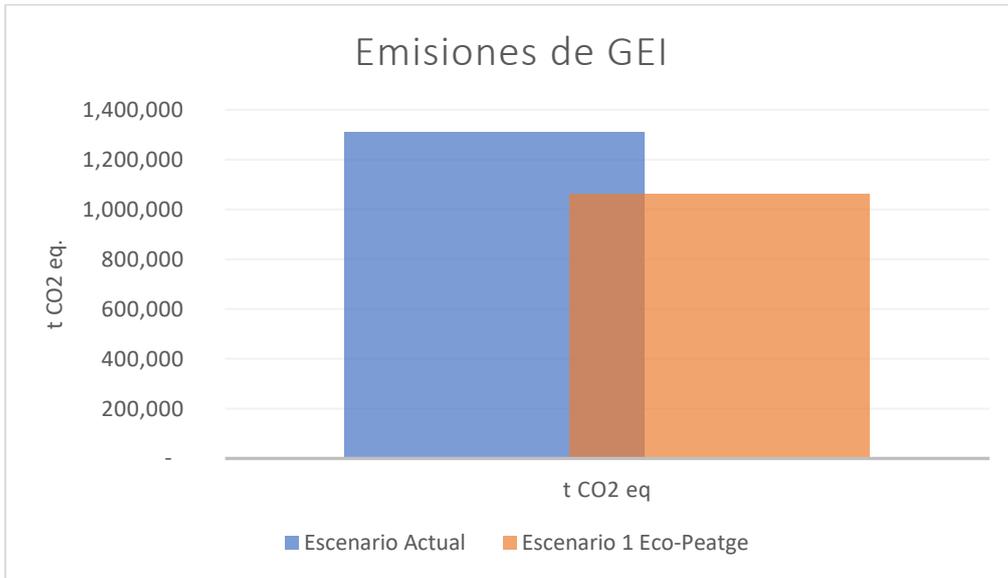


Figura 1. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del escenario actual y del Escenario 1 simulado en Eco-Peatge.

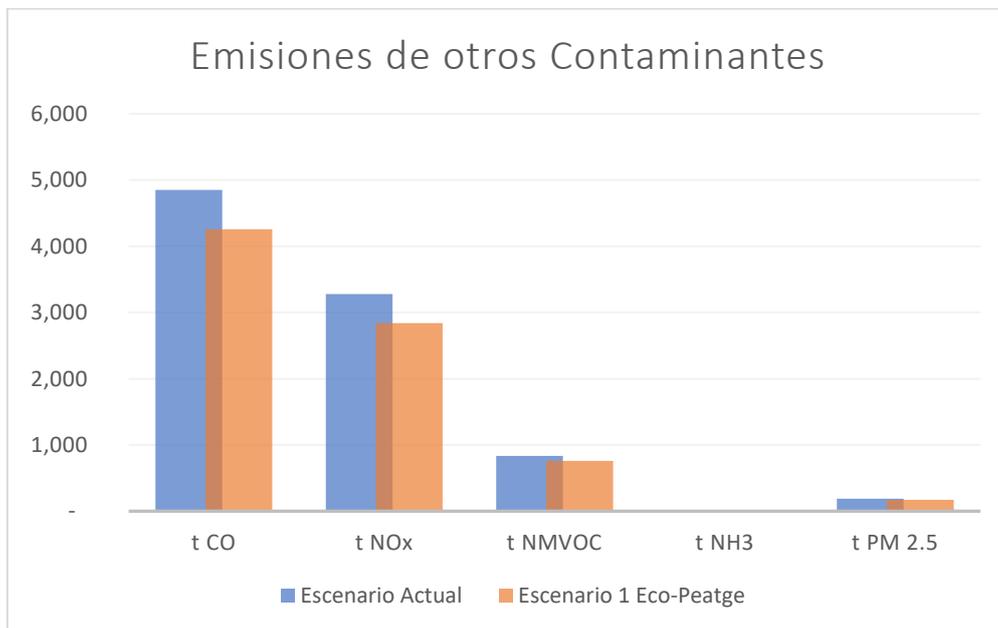


Figura 2. Emisiones de otros contaminantes del escenario actual y del Escenario 1 simulado en Eco-Peatge.

3.2 Escenario 2.

Tras la aplicación de las consideraciones establecidas para la simulación del Escenario 2 con la implementación del sistema de regulación del tráfico propuesto en Eco-Peatge, obtenemos las siguientes emisiones anuales estimadas:

Emisiones del Escenario 2 de Eco-Peatge								
t CH ₄	t N ₂ O	t CO ₂	t CO ₂ eq	t CO	t NO _x	t NMVOC	t NH ₃	t PM 2.5
61	1.322	646.036	998.183	3.917	2.580	706	12	149

El impacto sobre las emisiones de la implementación de sistemas de peaje urbano como sistema de regulación del tráfico urbano queda reflejado de la siguiente manera:

Emisiones Evitadas en el Escenario 2 de Eco-Peatge									
	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CO ₂ eq	CO	NO _x	NMVOC	NH ₃	PM 2.5
↓ t	9	440	194.372	311.250	934	699	129	4	40
↓ %	12	25	23	24	19	21	15	24	21

Tras los resultados obtenidos se concluye que mediante un sistema de peaje urbano se puede lograr una reducción de al menos un 24% de emisiones GEI y entre un 15 y un 24% de otros gases Contaminantes. Esto implica una reducción de 311.250 toneladas de CO₂ eq. (teniendo en cuenta los Potenciales de Calentamiento Global (PCG) del Panel Intergubernamental contra el Cambio Climático para los gases CH₄, N₂O y CO₂), y un total de 934, 699, 129, 4 y 40 toneladas de CO, NO_x, NMVOC, NH₃ y PM_{2,5} respectivamente.

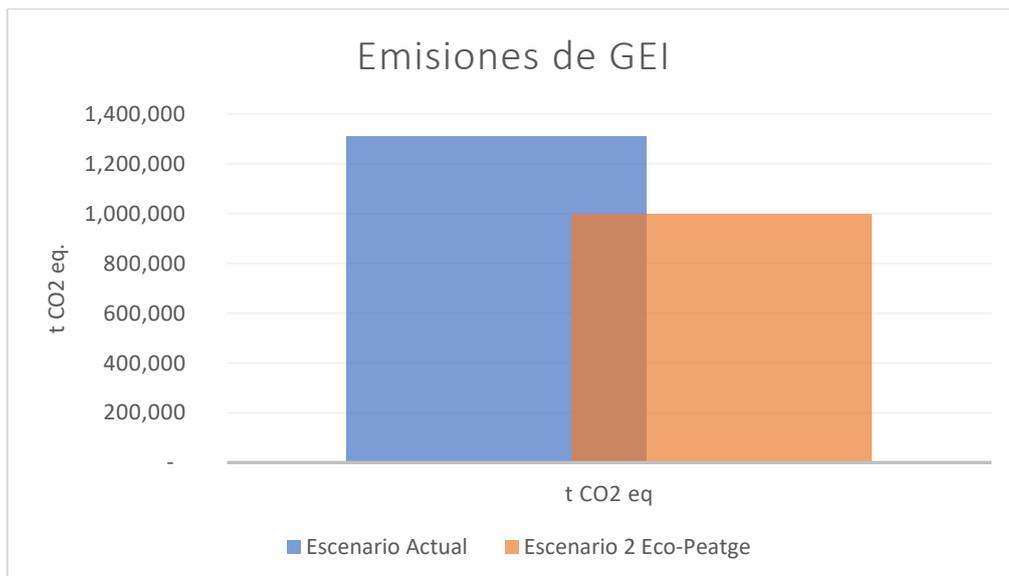


Figura 3. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del escenario actual y del Escenario 2 simulado en Eco-Peatge.

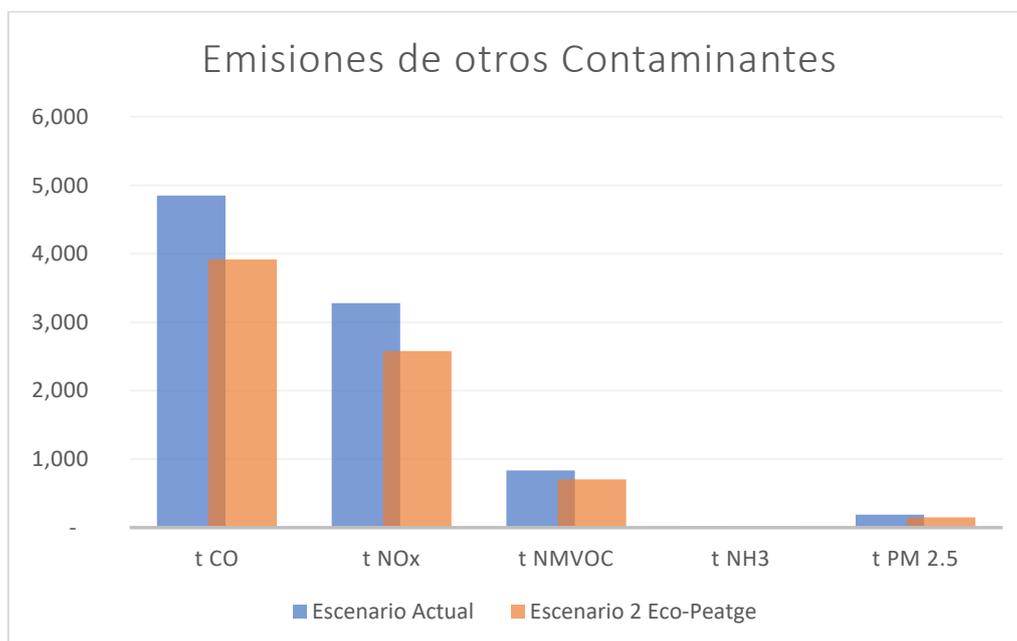


Figura 4. Emisiones de otros contaminantes del escenario actual y del Escenario 2 simulado en Eco-Peatge.

4 Evaluación de los escenarios planteados

Los escenarios alternativos generados abordan dos diferentes grados de impacto de un posible sistema de regulación del tráfico urbano basado en Peaje Urbano en la ciudad de Valencia. En los escenarios simulados se obtiene un 18,6% y un 23,2% de reducción del tráfico total que permitiría contribuir significativamente a la mejora de la calidad del aire y contribuiría reduciendo las actuales emisiones de GEI de toda la ciudad de València según el inventario de emisiones de referencia en un 13,3% en el caso del E1 y en un 16,7% en el caso del E2.

Ambas opciones situarían a la ciudad de Valencia cerca del objetivo de reducción de emisiones en un 50% para 2030 ya que esta reducción habría que sumársela a la reducción lograda hasta la fecha del 30% respecto a 2006. Sin embargo, **el Escenario 2 situaría a Valencia a tan solo 2,6% de reducción de emisiones del objetivo local de mitigación del cambio climático**. Esto significa que se requiere de una reducción del tráfico ligero privado de Valencia ligeramente superior al 19% para alcanzar el objetivo descrito mediante una reducción de emisiones en el sector Tráfico de la ciudad.

Por otro lado, la calidad del aire de la ciudad se vería significativamente mejorada por un descenso notable en las emisiones generadas como en el caso de NOx (NO y NO₂) que se verían reducidas en un 13% en el E1 y en un 21% en el E2. No es posible cuantificar cuánto afectaría esto a la concentración de contaminantes en la ciudad (debido a la influencia meteorológica), que es la referencia en los objetivos locales de mejora de la calidad del aire, pero sin duda esto mejoraría la calidad de vida de las valencianas.

1. Justificación

El presente documento es el resultado obtenido en la Tarea 5.1 “Descarga y tratamiento de los datos de las espiras electromagnéticas de la ciudad” de la Actividad 5 “Cuantificación REAL de entradas y salidas de vehículos en base a datos de las espiras del Ayuntamiento para alimentar el modelo” del proyecto *Eco-Peatge València: Fiscalidad verde basado en Peaje Urbano*. En él se describe el tratamiento de los datos de las espiras electromagnéticas que cuantifica los flujos de tráfico con alta resolución espacial y temporal.

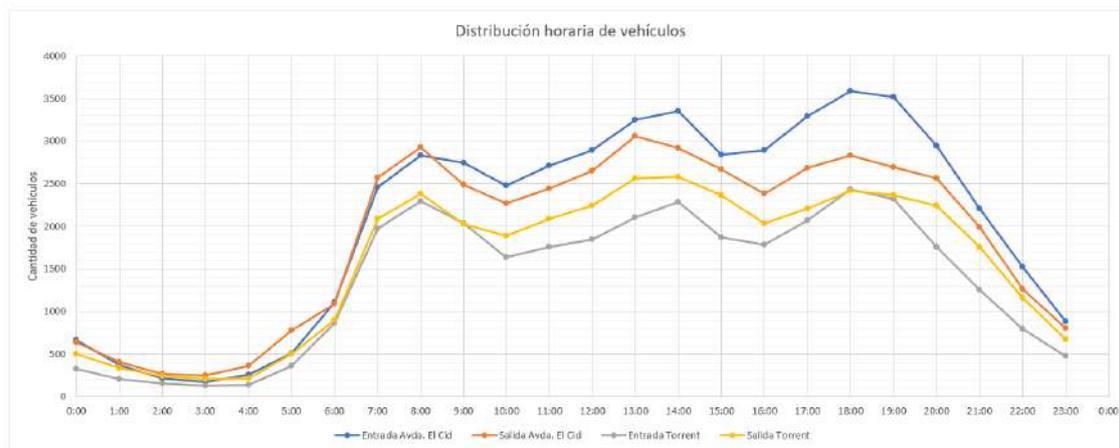
2. Contexto

El actual sistema de gestión de tráfico basado en espiras electromagnéticas permite construir patrones importantes pero también identificar los flujos de entrada y salida de la ciudad.

La captación y tratamiento de los datos de las espiras de la ciudad de València ha sido un trabajo costoso pero muy útil que ha permitido ajustar el modelo desarrollado en la Tarea 2.1 “Desarrollo del modelo de toma de decisión” en cuanto a:

1. Aplicación de factores de ponderación entre las diferentes horas del día en función de la congestión por tráfico que pueda generarse. Las horas donde se concentra la gran mayoría de desplazamientos son las horas del día entre las 6.00 y las 22.00. Sin embargo, es durante las horas de entrada al trabajo (de 7.00 a 1.00) y de salida del trabajo (de 18.00 a 20.00) donde se observan los picos máximos de desplazamientos. Rebajar estos picos hacia otras horas que actualmente se comportan como valles, permitiría reducir en gran medida la congestión y por tanto reducir la cantidad de tiempo que los vehículos tardan en recorrer un desplazamiento. Esto no solo tendría grandes impactos psicológicos sobre los usuarios sino que tendría numerosos beneficios medioambientales, como reducción de emisiones tanto de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como de otros contaminantes, reducción de ruidos, etc.
2. Aplicación de factores de ponderación entre días. De igual forma que en el caso anterior. El análisis de los datos proporcionados por las espiras ha permitido identificar los días donde se concentra la mayor cantidad de tráfico. Estos días son los días laborables mientras que los días de fin de semana se reduce entorno al 25%. Por otro lado esto también ha permitido identificar que los días festivos, el tráfico se reduce hasta un 90%.

El potencial de analizar los datos de las espiras es mucho mayor. Algunas de sus potencialidades se seguirán analizando y se estudiará posibles formas de incluirlas dentro del modelo de tarificación. Una muy importante es analizar en detalle la influencia de la zona metropolitana al tráfico de la ciudad. Y por otro lado, la cantidad de desplazamientos de ciudadanos de Valencia que se desplazan hacia fuera de la ciudad. Esto sería una importante mejora a aplicar ya que el análisis de las espiras ubicadas en entradas y salidas de la ciudad descritas en la Tarea 5.2 “Ubicación y selección de las espiras clave para cuantificar los flujos de entrada y salida de la ciudad” permitiría poder incluir esto como un validador riguroso de los resultados y conocer realmente la escala de implementación que el sistema basado en GPS tiene realmente en cada momento y definir así posibles estrategias de escalabilidad.



a)



b)

Figura 2. a) Distribución horaria de vehículos en 4 entradas importantes de la ciudad de Valencia; b) Relación entre Entradas y Salidas de vehículos en dos vías de acceso a la ciudad.

Finalmente el análisis de la IMD de las espiras electromagnéticas interiores de la ciudad ofrece los patrones de un día medio, de los días laborables y del fin de semana (figura 3). Además se ha incluido el día de San Vicente por tratarse de un día festivo con un comportamiento anómalo ya que la festividad es de cruces hacia dentro. Esto significa que el flujo de tráfico de la ciudad durante este día no refleja estos desplazamientos y sirve como laboratorio urbano.

Distribución horaria Vehículos. Promedio Anual

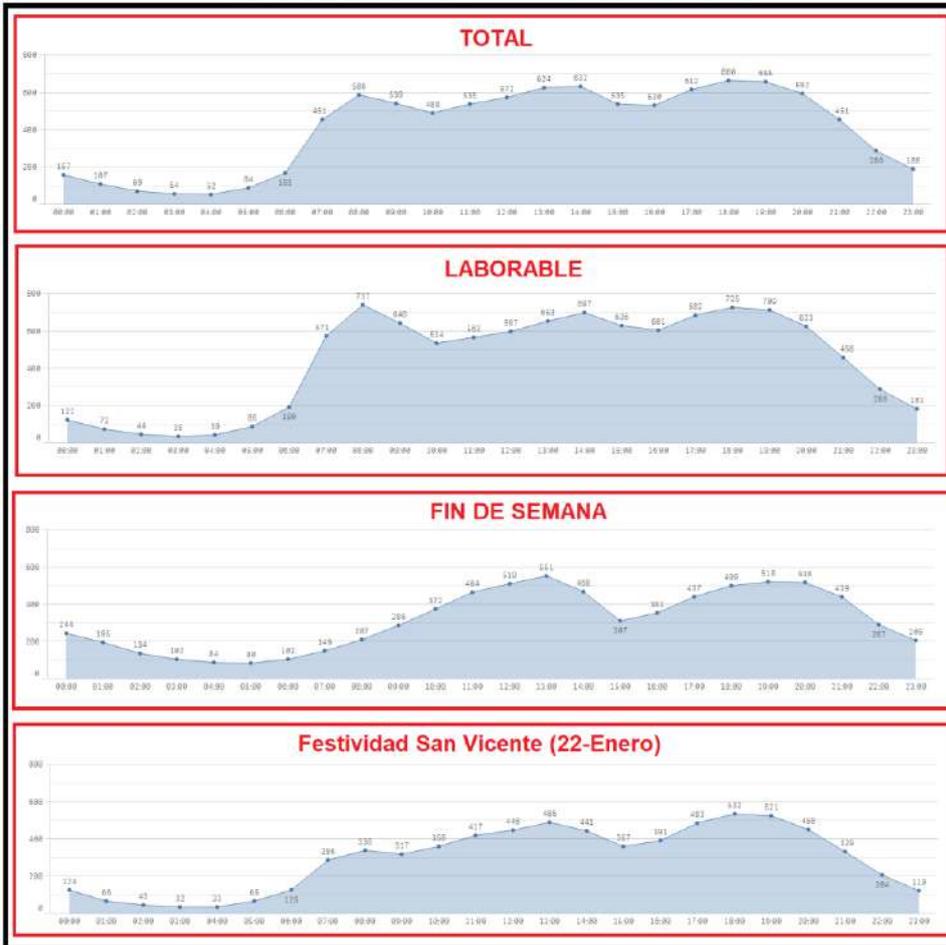


Figura 3. Distribución horaria de vehículos en promedio anual total y de tipos de días laborable, fin de semana y festivo de San Vicente.

1. Justificación

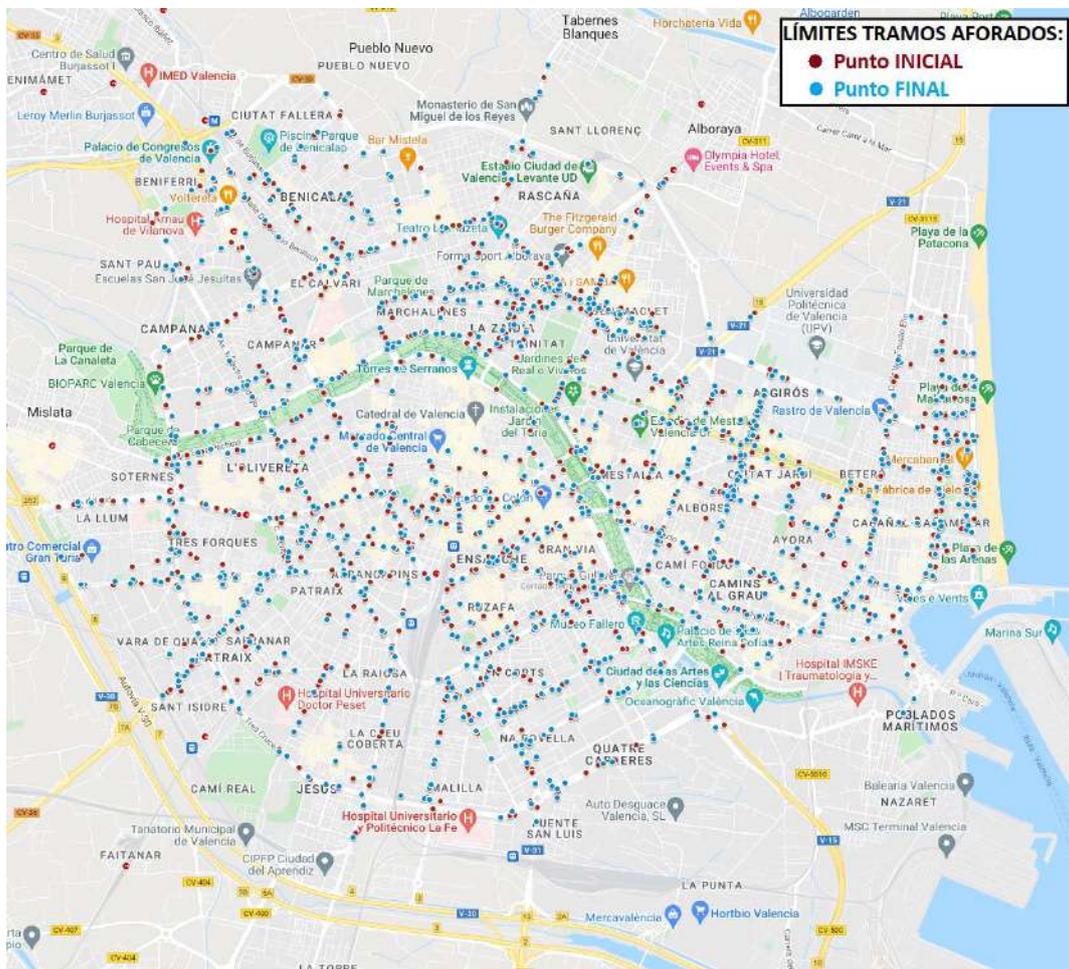
El presente documento es el resultado obtenido en la Tarea 5.2 “Ubicación y selección de las espiras clave para cuantificar los flujos de entrada y salida de la ciudad” del proyecto *Eco-Peatge València: Fiscalidad verde basado en Peaje Urbano*. En él se describe la selección de las espiras clave para la cuantificación de la movilidad para Eco-Peatge.

2. Contexto

La ciudad está tejida con una extensa red de espiras electromagnéticas que proporcionan información de la cantidad de vehículos que circulan por la propia ciudad. Estas espiras están colocadas en la calzada por donde pasan los vehículos, teniendo una muy buena fiabilidad de conteaje.

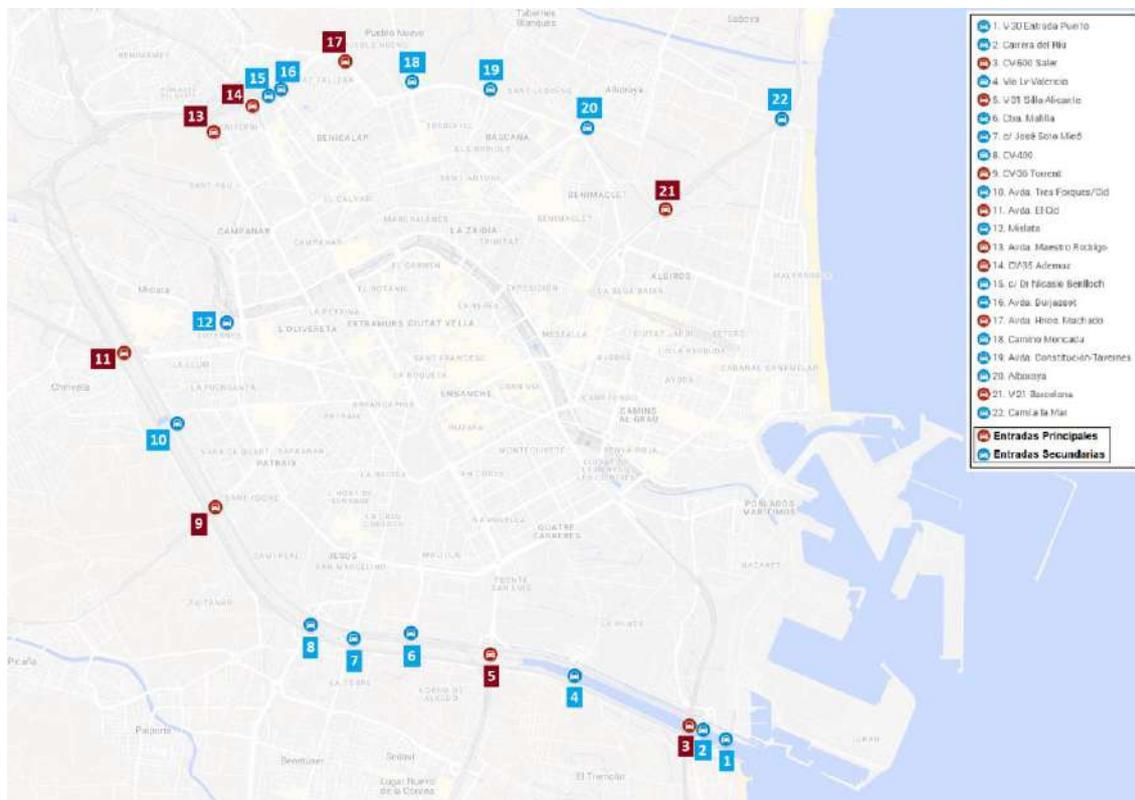
3. Ubicación e identificación de las espiras clave en entradas y salidas de la ciudad de Valencia

La ciudad tiene una extensa y densa red de más de 3.500 espiras electromagnéticas que nos marca el flujo de vehículos motorizados por toda la ciudad. En el siguiente mapa se representan todas las espiras de las que se disponen datos horarios de la intensidad del tráfico:



Mapa de tramos aforados con espiras electromagnéticas

En el siguiente mapa se representan las 22 entradas y salidas de la ciudad de València, diferenciando las que podemos considerar como principales y secundarias.



Mapa de entradas y salidas de València

A continuación se muestra una tabla donde se recogen los tramos aforados asociados a estas entradas y salidas, la caracterización de las vías y una serie de observaciones:

Nº	Vía	Carretera	Procedencia	Carriles Entrada	Carriles Salida	Espiras Entrada	Espiras Salida	Observaciones
1	Puerto	V30	Puerto	2	2	---	---	Entrada Secundaria. Sin datos
2	Carrer del Riu	Carrer del Riu	Saler	1	1	---	---	Entrada Secundaria. Sin datos
3	Saler	CV500	Saler	2	2	926 + 593	1109 + 594	Entrada Principal
4	Vía Lv Valencia	Vía Lv Valencia	Castellar	1	1	---	---	Entrada Secundaria. Sin datos
5	Pista Silla	V31	Alicante	3	3	1063	1062	Entrada Principal
6	Ctra. Malilla	Ctra. Malilla	V30	1	1	1171	659	Entrada Secundaria
7	c/ José Soto Micó	c/ José Soto Micó	La Torre	1	1	1054	1052	Entrada Secundaria
8	San Vicente	CV400	Benetusser - Paiporta	2	2	1121	1122	Entrada Secundaria
9	Camino nuevo Picaña	CV36	Torrent- Picaña	3	3	670 + 671	663	Entrada Principal
10	Avda Tres Forques	Avda Tres Forques	V30	1	1	952	950	Entrada Secundaria
11	Avda. de El Cid	A3	Madrid	4	4	236	238	Entrada Principal
12	c/ Valencia	c/ Valencia	Mislata	1	1	241	251	Entrada Secundaria
13	Avda. Maestro Rodrigo	CV30	Paterna- Benimanet	5	2	1017	1016	Entrada Principal
14	Avda. Corts Valencianes	CV35	Ademuz	3	3	---	1005	Entrada Principal. Sin datos de Entrada
15	c/ Dr. Nicasio	c/ Dr. Nicasio	Burjassot	1	1	1004	---	Entrada Secundaria. Sin datos de salida
16	Avda. Burjassot	Avda. Burjassot	Burjassot	1	1	---	730	Entrada Secundaria. Sin datos de entrada
17	Avda. Hnos Machado	CV30	Paterna- Benimanet	5	5	---	1040	Entrada Principal. Sin datos de Entrada
18	Camino Moncada	Camino Moncada	Poble Nou	1	1	---	---	Sin datos
19	Avda. Constitución	Avda. Constitución	Tavernes Blanques	1	2	988	989	Entrada Secundaria
20	Avda. Alfahuir	Avda. Alfahuir	Alboraya	2	3	1185	1186	Entrada Secundaria
21	Avda. Cataluña	V21	Barcelona	2	2	743	---	Entrada Principal. Sin datos de Salida
22	Camí a la Mar	Fausto Elio	Malvarrosa	1	3	786	784	Entrada Secundaria

Estas espiras son clave en la cuantificación precisa del total de flujo de entrada y salida de la ciudad de Valencia que junto a tecnología GPS permitiría establecer un sistema de validación sobre los cálculos realizados. Estos datos también ofrecen la posibilidad de

establecer escenarios de escalado del sistema propuesto a los municipios de la zona metropolitana de la ciudad, responsable de aproximadamente el 30% del total de tráfico presente en la ciudad.

1. Justificación

El presente documento es el resultado obtenido en la Tarea transversal “Informe Jurídico: LA FISCALIDAD VERDE TRIBUTACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR DESPLAZAMIENTOS” del proyecto Eco-Peatge València: Fiscalidad verde basado en Peaje Urbano. En él se describe lo siguiente:

1. La finalidad de nuestro informe es dar cobertura jurídica actual a la futura regulación de la tributación de los desplazamientos de las personas con medios de locomoción que contaminen de diversa manera y, para elaborar el presente trabajo, hemos de partir de la máxima regulación de la movilidad de l@s ciudadan@s en nuestro Estado.
2. Frente a cualquier duda que pudieran albergar las limitaciones a la movilidad por motivos medioambientales, la propia Constitución Española nos da respuesta en sus artículos 43, al proclamar el derecho a la protección de la salud; y 45, al proclamar el derecho a un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo.
3. Hoy en día técnicamente se pueden conocer y controlar perfectamente nuestros desplazamientos mediante diferentes sistemas de geolocalización a fin de llevar a la práctica la fiscalidad que venimos exponiendo, si bien ello se enfrenta de nuevo a otros límites concernientes a nuestra intimidad y privacidad.

2. Contenido del Informe Jurídico

A continuación, se adjunta el informe jurídico abordando los puntos de la sección 1 desarrollado por Práxedes Gil-Orozco Limorte, Abogado, col. nº 7.709 ICAV.

LA FISCALIDAD VERDE
TRIBUTACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR DESPLAZAMIENTOS
Informe Jurídico

1. **La finalidad de nuestro informe es dar cobertura jurídica actual a la futura regulación de la tributación de los desplazamientos de las personas con medios de locomoción que contaminen de diversa manera y, para elaborar el presente trabajo, hemos de partir de la máxima regulación de la movilidad de l@s ciudadan@s en nuestro Estado, cuya premisa es:**

Artículo 19 de la Constitución Española: Los españoles tienen derecho a elegir libremente su residencia y a CIRCULAR por el territorio nacional. Asimismo, tienen derecho a entrar y salir libremente de España en los términos que la ley establezca. Este derecho no podrá ser limitado por motivos políticos o ideológicos.

Sin duda, la elaboración de nuestra Carta Magna a finales de siglo pasado, época en la que la conciencia medioambiental era embrionaria, ha provocado que la redacción de dicho precepto dejara claramente una puerta abierta al poder de las Administraciones Públicas para imponer limitaciones a la movilidad por motivos de índole medioambiental, pues se establece una prohibición a imponer limitaciones a la circulación solo por motivos tasados, políticos e ideológicos, pero no de otra naturaleza. Aunque es obvio que la referencia en nuestra Constitución a los españoles se hace como ciudadan@, persona física, y ello no permitiría limitar su movilidad por cuestiones medioambientales por cuanto que, per se, ésta no contamina, ninguna duda cabe que hoy en día, en plena globalización del Siglo XXI, es casi indisoluble la movilidad corporal de las personas con la utilización de medios de locomoción. De hecho, el propio término utilizado en este precepto, nos estamos refiriendo a la palabra “circular” (y no otras como andar, deambular, ...) ya denota una clara alusión al uso de elementos móviles para la libre circulación proclamada. En aquel entonces no se valoraba el grave impacto medioambiental que podía provocar esa declarada libertad de circulación, limitándola a meros motivos políticos e ideológicos (entonces restringidos), por lo que eso hoy nos permite afirmar **que el marco jurídico actual de España permite la carga impositiva a los desplazamientos con medios de locomoción**, tanto ésta se condicione como incluso se limite. Es decir, hablamos de “condicionar”, porque está claro que el tributo a los desplazamientos mediante elementos móviles contaminantes determinará la toma de decisiones de los españoles en su movilidad diaria; e incluso hablamos también de “limitar” porque también el impago del tributo (tasa) que se estableciese le impediría al ciudadan@ desplazarse o acceder con su vehículo por la zona gravada por el mismo. No obstante, esta última cuestión es más delicada y abre otro debate con dos alternativas también legales en función de si se le permite pasar o no, o desplazarse o no, por la zona gravada. Una de ellas sería que el impago del tributo solo podría llevar a una sanción y/o exacción del mismo con recargo, pero sin impedirle el acceso o desplazamiento con su vehículo contaminante por la zona gravada, como le ocurre, dicho de otra manera, a quien no paga el Impuesto de Bienes Inmuebles de su vivienda o la tasa de basuras, pues no se le impide tenerla o usar los contenedores, simplemente se le cobra por vía ejecutiva con el correspondiente recargo (sanción implícita); o la otra alternativa legal

sería impedirle el acceso o uso de la zona gravada como ocurre cuando no se paga una tasa administrativa y por tanto no se da curso al servicio gravado por la misma.

También es preciso significar que en nuestra exposición nos estamos refiriendo siempre a tributación de los desplazamientos, al margen de la fiscalidad verde del propio vehículo. Es decir, si accedemos al centro urbano de una gran ciudad con nuestro vehículo, pagaremos una tasa por acceder, al margen de que el vehículo sea más o menos contaminante e incluso no contaminante, cuestión que ya tiene su propia fiscalidad verde. Asimismo, al hablar de elemento contaminante no debemos dejarnos llevar por la idea de la combustión fósil, pues existen otros elementos contaminantes a considerar como el ruido, volumen, impacto visual, etc.

2. Frente a cualquier duda que pudieran albergar las limitaciones a la movilidad por motivos medioambientales, la propia Constitución Española nos da respuesta en sus artículos 43, al proclamar el derecho a la protección de la salud; y 45, al proclamar el derecho a un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo.

La previsión legal debe ir regida por el principio de “quien contamina paga ...”, recogido en el artículo 191.2 del Tratado de Funcionamiento de la Unión europea, que fue llevado a la práctica en la Directiva 2004/35/CE sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales de las empresas y que deberá ser trasladado al ámbito de la regulación fiscal de la movilidad personal que estamos estudiando en nuestro informe, pero con importantes matices: **“... pero paga según contamina, cuanto más se mueve más paga y según por donde se mueva paga”**. Así pues, no pagará igual quien accede o se desplaza por el núcleo urbano de una determinada ciudad u otra, ya que dependerá de su número de habitantes, de la densidad de su parque móvil u otros aspectos que se consideren importantes. No pagará igual quien accede o se desplaza por motivos laborales, que quien lo hace por ocio u otros motivos. Y tampoco pagara igual quien accede o se desplaza todos los días, que quien lo hace esporádicamente.

El propio apartado 3 del artículo 45 de la Constitución Española, una vez más, abre la puerta a las limitaciones a la movilidad por causas medioambientales, si bien de manera distinta a lo que estamos analizando, pues lo hace de una forma coercitiva, mediante imposición de sanciones, algo distinto a lo que estamos tratando, es decir, la tributación a los desplazamientos con vehículos. Pero la conclusión que debe obtenerse de esto es que si nuestra Carta Magna reserva un poder al Estado para sancionar la contaminación, que menos que también pueda el Estado gravarla.

El régimen jurídico en España de la obligación de reparar los daños medioambientales se materializa a través de la Ley 26/2007, de 23 de Octubre, sobre Responsabilidad Medioambiental, cuyo artículo 1 señala que esta ley regula la responsabilidad de los operadores de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales, de conformidad con el artículo 45 de la Constitución Española y con los principios de prevención y de

"quien contamina paga", precepto completado por su artículo 3 cuando extiende ese régimen, entre otros, en los siguientes términos:

- **a)** cuando medie dolo, culpa o negligencia, serán exigibles las medidas de prevención, de evitación y de reparación;
- **b)** cuando no medie dolo, culpa o negligencia, serán exigibles las medidas de prevención y evitación.

El principio de "*quien contamina paga*", formulado en 1992 en la cumbre de Río de Janeiro, se configuró como una vía para disuadir del incumplimiento de la normativa medioambiental y acercarse al modelo de desarrollo sostenible. Existe consenso sobre el beneficio ambiental que puede reportar el seguimiento de dicho principio, el cual se encuentra incluso contemplado en el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea, cuyo artículo 174.2 establece que la política de la Comunidad en el ámbito del medio ambiente tendrá como objetivo alcanzar un nivel de protección elevado, teniendo presente la diversidad de situaciones existentes en las distintas regiones de la Comunidad, y se basará en los principios de cautela y de acción preventiva, en el principio de corrección de los atentados al medio ambiente, preferentemente en la fuente misma, y en el principio de **quien contamina paga**. Por tanto, también nuestro marco jurídico europeo permite la tributación de los desplazamientos contaminantes, de ahí que ciudades con Milán o Estocolmo ya lo hagan porque tanto sus legislaciones nacionales como el citado marco europeo lo permiten. Como hemos visto, en España ya existe legislación al respecto, pero, hasta ahora, con una finalidad sancionadora y reparadora, por lo que ahora faltaría desarrollar una regulación fiscal con finalidad preventiva.

Esa fiscalidad a la contaminación en nuestros desplazamientos debería llevar al pago de una tasa por el uso de infraestructuras del transporte terrestre, como ya la tienen el aéreo y marítimo sin que nadie las cuestione hoy en día, aunque deberían de ser tasas flexibles y ponderadas al uso y a quien hace el uso, puesto que no es lo mismo un uso profesional que un uso particular, así como otras variables que deberían considerarse (asiduidad, finalidad, ...) y, sin duda, no debería pagarla quien no la usa, de ahí la razón de una tasa y no otro tipo de tributo, entendiendo la tasa como el precio que se paga por la utilización de un bien de uso público (el medio ambiente) cuya conservación está a cargo del Estado.

Todo derecho genera una obligación y si tenemos la libertad o el derecho para generar determinados actos que pueden tener un impacto medioambiental, de ahí ha de nacer la obligación o razón de reparar su huella medioambiental y ¿cómo?: Gravando fiscalmente nuestros actos que tengan consecuencias medioambientales, si bien también habrá de observarse la razón por la que se contamina, de manera que no es lo mismo que se grave a quien contamina por fabricar un bien de primera necesidad o por prestar un servicio esencial, que se grave a quien fabrica o presta bienes y servicios suntuarios.

3. Hoy en día técnicamente se pueden conocer y controlar perfectamente nuestros desplazamientos mediante diferentes sistemas de geolocalización a fin de llevar a la práctica la fiscalidad que venimos exponiendo, si bien ello se enfrenta de nuevo a otros límites concernientes a nuestra intimidad y privacidad.

La Ley 58/2003, de 17 de Diciembre, General Tributaria será la que informará y acotará la implementación de esta fiscalidad verde, pues es la que establece los principios de nuestro sistema tributario. No obstante, dada la naturaleza del hecho imponible, el desplazamiento o acceso a un determinado lugar o zona mediante sistemas de geolocalización u otros sistemas técnicos exigirá que este tipo de datos, ultrasensibles, se usen desde la anonimización para proteger nuestra privacidad, desvinculando el dato que interesa (nuestro desplazamiento) de nuestros datos personales, o desde la seudonimización, es decir, la encriptación de nuestros datos personales en un sistema de códigos u otro tipo de pseudónimo desde el que se trabaje su fiscalidad verde. Tanto la anonimización como la seudonimización permitirían a su vez el uso estadístico de estos datos. Todo ello de conformidad con el **Reglamento General de Protección de Datos (RGPD)** que es el reglamento europeo relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de sus datos personales y a la libre circulación de estos datos. Es una normativa a nivel de la Unión Europea, por lo que cualquier empresa o entidad de la Unión, o aquéllas que tengan negocios en la Unión Europea, que manejen información personal de cualquier tipo, deberán acogerse a ella. Las multas por el no cumplimiento del RGPD pueden llegar a los 20 millones de euros. En España, el RGPD se incorporó a nuestra Legislación el 6 de Diciembre de 2018 con la aprobación de la vigente Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y Garantías de los Derechos Digitales.

Valencia, 22/02/2022

PRAXEDES |
GIL OROZCO |
LIMORTE |

Firmado digitalmente
por PRAXEDES|GIL
OROZCO|LIMORTE
Fecha: 2022.02.23
10:01:32 +01'00'

Fdo.: Práxedes Gil-Orozco Limorte, Abogado, col. nº 7.709 ICAV.