



UNIVERSIDAD de VALLADOLID



ESCUELA de INGENIERÍAS INDUSTRIALES

**MÁSTER EN LOGÍSTICA  
TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**DISTRIBUCIÓN CAPILAR CON  
VEHÍCULOS DE ENERGÍAS  
ALTERNATIVAS (V.E.As)**

**Autor:**

**LAGUNAS MAQUEDA, JAIME**

**Tutor:**

**GENTO MUNICIO, ÁNGEL MANUEL**

Dpto. Organización de Empresas y CIM

**2022**

# Índice

<b>Índice</b> .....	<b>2</b>
<b>Resumen, estructura y palabras clave</b> .....	<b>5</b>
<b>Objetivos y alcance del TFM</b> .....	<b>6</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Distribución de mercancías y problemas medioambientales</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1 Tipos de distribución capilar</b> .....	<b>8</b>
<b>1.2 Logística Inversa</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Contaminación medioambiental en Madrid y normativa aplicada</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1 Evolución de la normativa medioambiental en España</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2 Clasificación de vehículos en el Registro de la DGT en función de las emisiones</b> .....	<b>12</b>
2.2.1 Etiqueta Cero Emisiones .....	13
2.2.2 Etiqueta ECO .....	13
2.2.3 Etiqueta C .....	13
2.2.4 Etiqueta B .....	14
2.2.5 Etiqueta A .....	14
<b>2.3 Normativa de homologación de vehículos. Ciclo de consumo y emisiones contaminantes</b> .....	<b>14</b>
2.3.1 Normativa europea sobre los límites de los gases de escape.....	15
2.3.2 Ciclo de homologación NEDC .....	15
2.3.3 Ciclo de homologación WLTP .....	17
2.3.4 Diferencias entre los distintos tipos de homologación. NEDC vs WLTP .....	21
2.3.5 Puesta en marcha del ciclo WLTP .....	22
<b>2.4 Protocolo de Actuación para Episodios de Contaminación por NOx en la ciudad de Madrid</b> .....	<b>22</b>
<b>3. Empresas implicadas en el estudio</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1 Groupe Renault</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2 Groupe CAT</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3 Centro APR Groupe Renault España</b> .....	<b>30</b>
3.3.1 Distribución capilar desde el APR .....	31
<b>3.4 Logística inversa</b> .....	<b>32</b>
<b>4. Análisis de las rutas de distribución capilar con inicio en el centro APR</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1 Descripción en profundidad de la zona de reparto de cada ruta</b> .....	<b>34</b>
4.1.1 Ruta 1 - Zona Noroeste y Zona Centro .....	34
4.1.2 Ruta 2 - Zona Noreste .....	34
4.1.3 Ruta 3 - Zona Sureste.....	34
4.1.4 Ruta 4 - Zona Sur .....	34
4.1.5 Ruta 5 - Zona Suroeste.....	35
4.1.6 Retenciones habituales.....	35
<b>4.2 Programa de gestión de rutas “Route XL”</b> .....	<b>35</b>
<b>4.3 Base de cálculo de las rutas óptimas</b> .....	<b>37</b>

4.4 Distancias medias recorridas en cada una de las rutas .....	38
<b>5. <i>Análisis de la flota actual de vehículos y el gasto económico</i>.....</b>	<b>39</b>
5.1 Flota actual de vehículos utilizados en el APR y modelo reemplazante.....	39
5.2 Consumo de combustible diésel y emisiones de CO <sub>2</sub> emitidas en el periodo analizado .....	40
5.3 Variación del precio del combustible en el periodo analizado.....	40
5.4 Gasto económico realizado en combustible durante el periodo analizado (Julio 21 – Junio 22) con el modelo del 2014. ....	42
<b>6. <i>Análisis de posibles alternativas a los vehículos actuales</i>.....</b>	<b>43</b>
6.1 GNC: Gas Natural Comprimido .....	43
6.2 GNL: Gas Natural Licuado.....	44
6.3 GLP: Gas Licuado del Petróleo.....	45
6.4 Ventajas de los combustibles alternativos frente a los combustibles tradicionales... 45	
6.5 Desventajas de los combustibles alternativos frente a los combustibles tradicionales. ....	46
6.6 Donde repostar los combustibles alternativos (GNC, GNL y GLP).....	47
6.6.1 Repostar GNC .....	47
6.6.2 Repostar GNL.....	48
6.6.3 Repostar GLP .....	49
6.7 Evolución económica de los combustibles alternativos .....	50
6.8 Vehículos industriales impulsados por combustibles alternativos .....	51
6.8.1 Combustible GNC .....	52
6.8.1.1 Fiat Ducato Natural Power.....	52
6.8.1.2 Iveco Daily Natural Power.....	53
6.8.2 Combustible GNL.....	54
6.8.3 Combustible GLP .....	54
<b>7. <i>Vehículos industriales impulsados por energía eléctrica</i>.....</b>	<b>55</b>
7.1 Mercado actual de vehículos eléctricos industriales .....	55
7.1.1 Renault Máster Z.E. ....	55
7.1.2 Maxus eDeliver 9 .....	56
7.1.3 Ford E-Transit.....	57
7.1.4 MAN e-TGE .....	57
7.1.5 Mercedes Benz eSprinter .....	58
7.1.6 Peugeot e-Boxer y Citroën ë-Jumper .....	59
7.2 Opciones reales de uso en las rutas del APR .....	59
7.3 Ventajas de los vehículos eléctricos .....	60
7.4 Desventajas de los vehículos eléctricos.....	60
7.5 ¿Cómo cargar un vehículo eléctrico? .....	61
7.5.1 Cargador doméstico .....	61
7.5.2 Cargador público de alta potencia.....	62
7.5.3 Aplicaciones móviles para recargar coches eléctricos .....	63
<b>8. <i>Comparativa económica y de viabilidad entre las alternativas analizadas</i> .....</b>	<b>64</b>
8.1 Comparativa económica en el coste del combustible (diesel vs GNC) .....	64
8.2 Comparativa medioambiental basada en las emisiones de CO <sub>2</sub> (diesel vs GNC).....	66

<b>8.3 Comparativa entre los vehículos de combustible fósil (diésel o GNC) y vehículos eléctricos .....</b>	<b>67</b>
<b><i>9.Resumen y elección final.....</i></b>	<b>69</b>
<b><i>10. Coste económico del TFM.....</i></b>	<b>71</b>
<b><i>11.Bibliografía web.....</i></b>	<b>72</b>
<b><i>12.Anexo .....</i></b>	<b>74</b>
<b>12.1 Plano de las zonas con retenciones habituales.....</b>	<b>74</b>

# Resumen, estructura y palabras clave

El presente Trabajo Fin de Máster corresponde a la elaboración de un análisis de la flota actual de distribución capilar de una empresa de transportes, y su posible sustitución por vehículos de energías alternativas, también conocidos como V.E.A.s, de cara a la renovación de flota prevista para Enero de 2023.

El análisis se ha realizado en base a los datos reales aportados por la empresa de transportes con el objetivo de comprobar si es posible tanto operativa como económicamente la sustitución de los actuales vehículos por otros nuevos menos contaminantes.

El desarrollo del análisis se ha dividido en 4 partes diferentes:

- La primera parte introduce al lector en la teoría del reparto de mercancías en la última milla, y dimensiona el problema medioambiental con que se encuentran estas empresas para realizar sus operativas. (Capítulo 1 - 2)
- La segunda parte corresponde a la presentación de las empresas implicadas y su operativa de funcionamiento. (Capítulo 3)
- La tercera parte analiza en profundidad las rutas de reparto actuales, los vehículos utilizados, las posibles alternativas a estos vehículos, y la viabilidad operativa. (Capítulo 4 -7)
- La cuarta y última parte analiza la cuestión económica, y presenta los resultados finales sobre la viabilidad del proyecto de sustitución de los actuales vehículos. (Capítulo 8 - 9)

Dado que este TFM se ha redactado en una situación de pandemia mundial debido al virus del COVID 19, los datos utilizados en cuanto a volumen de mercancías transportadas por la empresa de transporte son correspondientes a los del año 2019, ya que durante el 2020 y parte del 2021, la operativa y funcionamiento de esta empresa se vio seriamente reducida, y no son fieles a la realidad de años anteriores.

Palabras clave: **Análisis, Medio Ambiente, Emisiones, Distribución Capilar, Combustibles Alternativos, Energía.**

# Objetivos y alcance del TFM

El objetivo principal de este TFM es analizar de una forma sencilla las diferentes opciones que ofrece el mercado en cuanto a vehículos industriales para el reparto de mercancías.

Se ha optado por esta temática, ya que es un tema de creciente interés por las empresas de distribución de mercancías debido, por un lado, al aumento del volumen de las mercancías transportadas y, por otro lado, a las cada día mayores restricciones a la circulación de vehículos impuestas por las administraciones públicas.

Como se verá más adelante, se han utilizado datos reales de una empresa de transporte, para poder analizar en conciencia a que problemas se pueden enfrentar estas empresas.

También se ha analizado a fondo el marco legal, enfocándonos sobre todo en la normativa medioambiental, ya que al final, a parte del aspecto económico, en la mayoría de las decisiones empresariales son las que mayor peso tienen.

De esta manera, en el presente trabajo se abordan todas las partes necesarias para realizar la mejor elección de cara a la sustitución de los vehículos actuales, por unos nuevos, más eficientes, tecnológicos y con menores emisiones contaminantes.

A parte, este TFM puede ser la base de estudio, no solo para reducir la huella medioambiental en el reparto de unas mercancías, sino que puede encajarse también dentro de un análisis mucho más amplio, al estudiar toda la cadena logística, desde el transporte de las mercancías hasta el almacén, la manipulación que se realiza tanto en la recepción como en la expedición final, y los diferentes tipos de embalajes que se utilizan.

# Introducción

Actualmente, uno de los mayores problemas que están sufriendo las grandes ciudades de todo el mundo es la contaminación medioambiental generada por el tráfico rodado, ya sea tanto a nivel particular, como a nivel profesional.

Esto ha provocado que las administraciones públicas (gobiernos y ayuntamientos) hayan tenido que tomar cartas en el asunto, aplicando normativas no siempre bien aceptadas por todas las partes implicadas, ya sean particulares, o pequeñas y grandes empresas.

En el caso que nos atañe, en la ciudad de Madrid, se han ido aplicando unas normativas de circulación y restricciones cada día más severas para intentar atajar el problema de la contaminación medioambiental cuanto antes, ya que la salud de millones de personas depende de ello.

Por eso mismo, empresas como Groupe CAT y Groupe Renault han decidido analizar la posibilidad de sustituir sus vehículos actuales de reparto de piezas de recambio, por otros vehículos de menores emisiones contaminantes.

Para ello, se han utilizado datos reales en cuanto a número de vehículos y expediciones de entregas y recogidas que la empresa Groupe CAT ha realizado para entregar las piezas de recambio.

A continuación, el análisis realizado y sus conclusiones.

# 1. Distribución de mercancías y problemas medioambientales

La distribución de mercancías ha existido desde tiempos inmemoriales, pero en este caso, vamos a centrarnos solamente en lo que se denomina distribución de mercancías en la última milla o distribución capilar.

## ***1.1 Tipos de distribución capilar***

Existen diferentes tipos de distribución capilar, siguiendo diferentes modelos como los que se presentan a continuación:

- **Entrega directa:** Es el propio fabricante quien realiza la distribución de sus productos con sus propios medios de transporte.
- **Distribuidor con propiedad de la mercancía:** El fabricante vende sus productos a un distribuidor, ya sea en modalidad exclusiva o compartida, y es el distribuidor quien realiza la entrega de los productos al cliente final, ya sea mediante sus propios medios o subcontratando el transporte con otra empresa.
- **Distribuidor sin propiedad de la mercancía:** En este caso, el distribuidor realiza la entrega final del producto al cliente, pero no ejerce como propietario de la mercancía. Generalmente el distribuidor tiene la mercancía en sus instalaciones, realizando las funciones de almacenaje y posterior entrega.

También podemos hacer una pequeña clasificación en función de la ruta de reparto que se realiza. Esta puede ser de 2 tipos:

- **Ruta fija o ruta variable:** Cada expedición sigue una ruta previa definida en la que ya están asignados todos los puntos, o en cambio, la ruta es variable en función de los puntos a entregar. (Nota: Generalmente las rutas fijas se conocen como “Milkrun” dentro del argot del sector de la logística y transporte).
- **Ruta urbana o ruta provincial:** Las rutas urbanas suelen disponer de vehículos más pequeños, de manera que la conducción sea más cómoda y sencilla. En

cambio, las rutas provinciales suelen cubrir mayores distancias, lo que generalmente obliga a disponer de vehículos más grandes y potentes.

Dentro de los diferentes tipos de distribución capilar si podemos aclarar una serie de características comunes a todas ellas:

- **Entrega al cliente final:** El objetivo principal de esta distribución es la entrega del paquete al cliente final.
- **Distancias relativamente cortas desde el lugar de salida:** La distancia que recorre el paquete desde el punto anterior en la cadena de distribución (generalmente un almacén o plataforma X-Dock) es relativamente corta, entorno a los 200 kilómetros como máximo.
- **Entrega en el mismo día:** A no ser que haya un problema en el momento de la entrega, el paquete queda entregado en el mismo día que ha salido del punto anterior. Esto es debido a que es uno de los momentos en que más posibilidad de hurto existe dentro de la cadena de distribución.
- **Utilización de vehículos de pequeño tamaño:** Generalmente se utilizan vehículos industriales de pequeño tamaño debido a las características de las rutas, pero en los últimos años, algunas empresas han empezado a realizar estas entregas utilizando vehículos de 2 o 3 ruedas, e incluso bicicletas, llamados coloquialmente como “riders”.

## ***1.2 Logística Inversa***

Otro de los aspectos más importantes que tiene el reparto de última milla, es que se convierte en caso de necesidad, en el primer punto de la cadena de logística inversa, es decir, la que inicia generalmente la devolución de las mercancías desde los clientes hacia los proveedores.

En casi todas las industrias existe esta cadena, ya que el retorno de mercancías ya sea por rotura, errores de preparación, o simplemente devoluciones, está a la orden del día.

## 2. Contaminación medioambiental en Madrid y normativa aplicada

Madrid, capital del Estado español, y de la Comunidad de Madrid es el municipio más poblado de España, y su área metropolitana asociada da cobijo a más de 6,5 millones de personas, situándose entre las más pobladas de la Unión Europea.

Como en el resto de grandes ciudades mundiales, el origen de la contaminación medioambiental está focalizada en 3 focos principales:

1. **Tráfico rodado:** Con casi el 50% de las emisiones totales, los cerca de 2.100.000 vehículos que circulan a diario por Madrid contribuyen a la emisión de óxidos de nitrógeno, CO<sub>2</sub> y otras partículas contaminantes a la atmósfera.
2. **Operaciones de aterrizaje y despegue en el aeropuerto Adolfo Suarez - Madrid Barajas:** Con más de 1000 operaciones diarias (2019), el aeropuerto de Madrid es el segundo foco emisor de contaminación ambiental con cerca de un 25% del total.
3. **Sistemas de climatización no industrial:** El tercer puesto corresponde al sector residencial, comercial e institucional, con cerca de un 18% de las emisiones totales, provenientes de sistemas de calefacción, aire acondicionado y agua caliente sanitaria.

En el caso que atañe a este análisis, vamos a focalizarnos en el tráfico rodado, analizando la normativa actual tanto a nivel local, como nacional y de la Unión Europea, y como afectan estas normativas a la circulación de los vehículos.

Para ello también se analizará la normativa sobre homologación de vehículos en función de sus emisiones y consumos de combustible.

## **2.1 Evolución de la normativa medioambiental en España**

La normativa europea sobre la calidad del aire en vigor viene representada por las siguientes normas:

- Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del consejo, del 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmosfera más limpia en Europa. -> Traspuesta al ordenamiento jurídico español en el Real Decreto 102/2011, del 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

Tras esta directiva se desarrolla en España, bajo la dirección del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente el Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera, conocido coloquialmente como “Plan AIRE”.

*Ver: web 1*

Este plan fue aprobado por el Consejo de Ministros, el 12 de abril de 2013 y establece un marco de referencia para la mejora de la calidad del aire en España; por una parte, mediante una serie de medidas concretas y, por otra, mediante la coordinación con otros planes sectoriales, y en especial con los planes de calidad del aire que puedan adoptar las comunidades autónomas y las entidades locales en el marco de sus competencias.

Las medidas del Plan AIRE se dividen en horizontales y sectoriales:

- Las medidas horizontales actúan sobre la información a la ciudadanía, la concienciación, administración, investigación y fiscalidad.
- Las medidas sectoriales, en cambio, van dirigidas a sectores concretos: la industria, la construcción, el transporte, la agricultura y ganadería o el sector residencial, comercial e institucional.
- Directiva 2015/1480/CE, de la Comisión, del 28 de agosto de 2015, por la que se modifican varios anexos de la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en los que se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente.

Tras esta directiva, la Dirección General de Tráfico (DGT) crea dentro del Registro de Vehículos un apartado para clasificar e identificar todos los vehículos matriculados en función de las emisiones, permitiendo tal y como establece la Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020, la incorporación de criterios medioambientales en la gestión del tráfico.

Esta resolución fue aprobada el 8 de enero de 2016 y publicada en el BOE número 96, del 21 de abril de 2016, páginas 26896 a 26901, en cuyo Anexo VIII, se presenta la nueva clasificación de vehículos en función de sus emisiones.

*Ver: web 2*

## ***2.2 Clasificación de vehículos en el Registro de la DGT en función de las emisiones.***

A continuación, se presenta el adhesivo identificador y las características que deben cumplir los vehículos para pertenecer a uno u otro grupo. Están basadas también en la Directiva 70/156/CE por la que se establecen las categorías de homologación de vehículos.

- Categoría de homologación **L**: Vehículos a motor con menos de cuatro ruedas.
- Categoría de homologación **M**: Vehículos a motor destinados al transporte de personas y que tengan por lo menos cuatro ruedas.
- Categoría de homologación **N**: Vehículos a motor destinados al transporte de mercancías que tengan por lo menos cuatro ruedas.

A lo largo del año 2021, la DGT planteo la posibilidad de hacer algunas modificaciones sobre la actual normativa de clasificación que a continuación se presenta, pero no salió adelante debido tanto a la situación económica, como a la complejidad tanto política como legal que plantea el asunto.

### 2.2.1 Etiqueta Cero Emisiones



Vehículos L, N1, N2, N3, M1, M2, M3 clasificados en el Registro de Vehículos como vehículos eléctricos de batería (BEV), vehículo eléctrico de autonomía extendida (REEV), vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV) con una autonomía mínima de 40 kilómetros o vehículos de pila de combustible de hidrogeno.

### 2.2.2 Etiqueta ECO



Vehículos L, N1, N2, N3, M1, M2, M3 clasificados en el Registro de Vehículos como vehículos híbridos enchufables con autonomía <40km, vehículos híbridos no enchufables (HEV), vehículos propulsados por gas natural comprimido (GNC) o gas licuado del petróleo (GLP). En todo caso, deberán cumplir los criterios de la etiqueta C.

### 2.2.3 Etiqueta C



Vehículos N1, N2, N3, M1, M2, M3 clasificados en el Registro de Vehículos como gasolina EURO 4/IV, 5/V o 6/VI o diésel EURO 6/VI.

Vehículos L clasificados en el Registro de Vehículos como gasolina EURO 4/IV o EURO3/III.

### 2.2.4 Etiqueta B



Vehículos N1, N2, N3, M1, M2, M3 clasificados en el Registro de Vehículos como gasolina EURO 3/III o Diésel EURO 4/IV o 5/V.

Vehículos L clasificados en el Registro de Vehículos como gasolina EURO 2/II.

### 2.2.5 Etiqueta A

Son aquellos que por su antigüedad y normativa de emisiones vigente en el momento de su matriculación no se pueden incluir dentro de las categorías anteriores. Son los coloquialmente conocidos como vehículos “Sin Etiqueta”.

## ***2.3 Normativa de homologación de vehículos. Ciclo de consumo y emisiones contaminantes.***

Para poder realizar una comparación justa entre los diferentes modelos de vehículos que están a la venta, se necesita una normativa que homologue a cada vehículo en función de sus características técnicas realizando una serie de pruebas o mediciones. Para ello, existen desde hace muchos años, una serie de normativas que ayudan a realizar esta clasificación, basadas generalmente en la emisión de gases de escape:

- EE. UU. (Estados Unidos):
  - Normativa EPA (Environmental Protection Agency)
  - Normativa CARB (California Air Resources Board)
- EU (Unión Europea)
  - Normativa 70/220/CE del año 1970

En este caso, solo se va a analizar la normativa europea, ya que todos los vehículos que se van a analizar en este trabajo están homologados bajo esta normativa.

### **2.3.1 Normativa europea sobre los límites de los gases de escape**

Los valores límite de los gases de escape para turismos están contenidos en las normas de gases de escape:

- EURO I (01/07/1992)
- EURO II (01/01/1996)
- EURO III (01/01/2000)
- EURO IV (01/01/2005)
- EURO V (01/09/2009)
- EURO VI (01/09/2015)

Cada una de estas normativas hay ido prefijando una serie de límites para las siguientes partículas nocivas:

- Monóxido de carbono (CO)
- Hidrocarburos (HC)
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Partículas (solo motores diésel hasta EURO VI)

Para poder analizar cada uno de los vehículos bajo esta normativa, se les somete a unas pruebas dinámicas sobre un trayecto definido (ciclo de ensayo) de manera que todos estén en las mismas condiciones, obteniendo de esta manera unos valores expresados generalmente en (g/km). Hasta la normativa EURO II, se utilizó un sistema de medición mediante el uso de un banco de pruebas sobre rodillos para vehículos, pero a partir de la normativa EURO III, se utiliza el ciclo NEDC (New European Driving Cycle)

### **2.3.2 Ciclo de homologación NEDC**

El ciclo NEDC se calcula realizando 4 ciclos de conducción urbana, y un quinto ciclo de conducción extraurbana. Estos ciclos están perfectamente definidos en la normativa vigente (715/2007/CE y 692/2008/CE) mediante los siguientes requisitos:

- Distancia total recorrida: 11007 metros
- Duración: 1180 segundos (No llega a 20 min)
- Velocidad media: 33,6 km/h
- Velocidad máxima: 120 km/h
- Aceleración máxima: 1,04 m/s<sup>2</sup>

- Tiempo a ralentí: 300 segundos
- Peso total del vehículo: Peso vehículo en vacío + 100 kg + 90% de combustible + fluidos + rueda de repuesto o kit de reparación de pinchazos
- Temperatura ambiente: Entre 20°C y 24°C
- Cambios de marchas: Fijos para los cambios manuales y sugeridos por los fabricantes para los cambios automáticos

a) Prueba Ciclo NEDC parte urbana: (195 segundos x 4 veces)

1. Meter 1º velocidad, coger 15 km/h y detenerse.
2. Esperar 50 segundos a ralentí
3. Meter 1º velocidad, después 2º velocidad hasta llegar a 35 km/h y detenerse.
4. Esperar 50 segundos a ralentí
5. Acelerar cambiando de velocidad hasta llegar a 50 km/h, reducir a 35 km/h y detenerse

b) Prueba Ciclo NEDC parte extraurbana: (400 segundos)

1. Acelerar cambiando de velocidad hasta llegar a 70 km/h, reducir a 50 km/h y volver a acelerar hasta alcanzar 70 km/h manteniendo velocidad
2. Acelerar desde 70 km/h hasta 90 km/h, mantener velocidad y volver a acelerar hasta 120 km/h. Una vez alcanzada la velocidad máxima, detenerse.

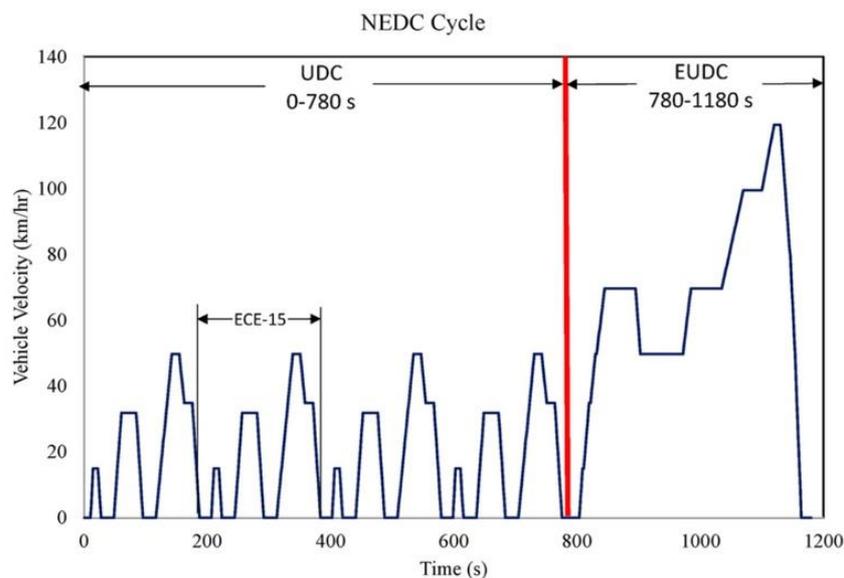


Gráfico 1: Ciclo NEDC. Fuente "Wikipedia"

### 2.3.3 Ciclo de homologación WLTP

El ciclo WLTP (World-Wide harmonized Light duty Testing Procedure) es el nuevo ciclo de homologación de emisiones y consumos para vehículos nuevos que se ha desarrollado para sustituir al antiguo ciclo NEDC. Este nuevo ciclo se ha desarrollado por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) y la versión final se publicó en 2015.

Esta normalizado bajo la normativa CE 2009/443 pero además está reconocido por los siguientes países: Japón, Corea del Sur e India, de manera que los fabricantes de vehículos puedan diseñar vehículos para los mercados cada vez más globalizados.

Uno de los objetivos de este nuevo ciclo es conseguir que los consumos y emisiones obtenidos en condiciones de laboratorio coincidan en mayor medida con los obtenidos en circulación real, de manera que desaparezcan las enormes diferencias que se encuentran entre los datos proporcionados con la normativa NEDC, y los reales.

Para ello, ahora los procedimientos se basan en experiencias de conducción tipo, de manera que se ajusten más a los hábitos de conducción de la mayoría de los conductores. Los conjuntos de pruebas se clasifican en las diferentes velocidades a las que se realizan diferenciando entre:

- Baja velocidad:  $V_{\text{máx}} < 56.5 \text{ km/h}$  (Circulación Urbana)
- Media velocidad:  $V_{\text{máx}} < 76.6 \text{ km/h}$  (Circulación Interurbana)
- Alta velocidad:  $V_{\text{máx}} < 97.4 \text{ km/h}$  (Circulación por carretera)
- Súperalta velocidad:  $V_{\text{máx}} < 131.3 \text{ km/h}$  (Circulación por autopista)

A continuación, se presentan las diferentes homologaciones en función de la velocidad máxima del vehículo, y también de la ratio potencia/peso.

- La mayoría de los turismos pertenecen a la clase 3 junto con algunos vehículos comerciales-
- Los autobuses, y vehículos pesados, junto con algunos vehículos comerciales entran dentro de la clase 2.

- El resto de los vehículos no contemplados en los puntos anteriores pertenece a la clase 1.

a) Homologación WLTP Clase 1: Esta dividida en 2 partes de baja y media velocidad. Si la  $V_{m\acute{a}x} < 70$  km/h, la parte de media velocidad se sustituye por la parte de baja velocidad.

**Ciclo de prueba WLTP clase 1**

	Baja	Media	Total
Duración, s	589	433	1022
Duración de paradas, s	155	48	203
Distancia, m	3324	4767	8091
% de paradas	26.3%	11.1%	19.9%
Velocidad máxima, km/h	49.1	64.4	
Velocidad media sin paradas, km/h	27.6	44.6	35.6
Velocidad media con paradas, km/h	20.3	39.6	28.5
Aceleración mínima, $m/s^2$	-1.0	-0.6	
Aceleración máxima, $m/s^2$	0.8	0.6	

Tabla 1: Ciclo WLTP Clase 1. Fuente "Wikipedia"

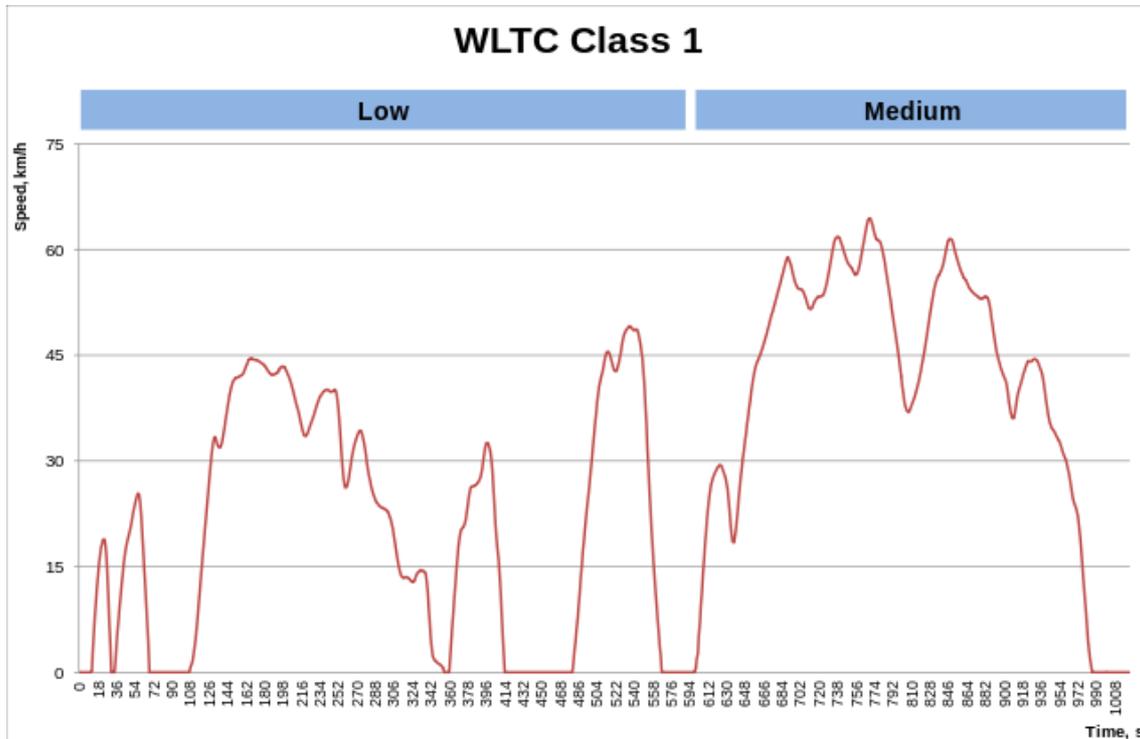


Gráfico 2: Ciclo WLTP Clase 1. Fuente "Wikipedia"

- b) Homologación WLTP Clase 2: Esta divide en 3 partes para baja, media y alta velocidad. Si la  $V_{m\acute{a}x} < 90$  km/h, la parte de alta velocidad se sustituye por la parte de baja velocidad.

**Ciclo de prueba WLTP clase 2**

	Baja	Media	Alta	Total
Duración, s	589	433	455	1477
Duración de paradas, s	155	48	30	233
Distancia, m	3132	4712	6820	14664
% de paradas	26.3%	11.1%	6.6%	15.8%
Velocidad máxima, km/h	51.4	74.7	85.2	
Velocidad media sin paradas, km/h	26.0	44.1	57.8	42.4
Velocidad media con paradas, km/h	19.1	39.2	54.0	35.7
Aceleración mínima, $m/s^2$	-1.1	-1.0	-1.1	
Aceleración máxima, $m/s^2$	0.9	1.0	0.8	

Tabla 2: Ciclo WLTP Clase 2. Fuente "Wikipedia"

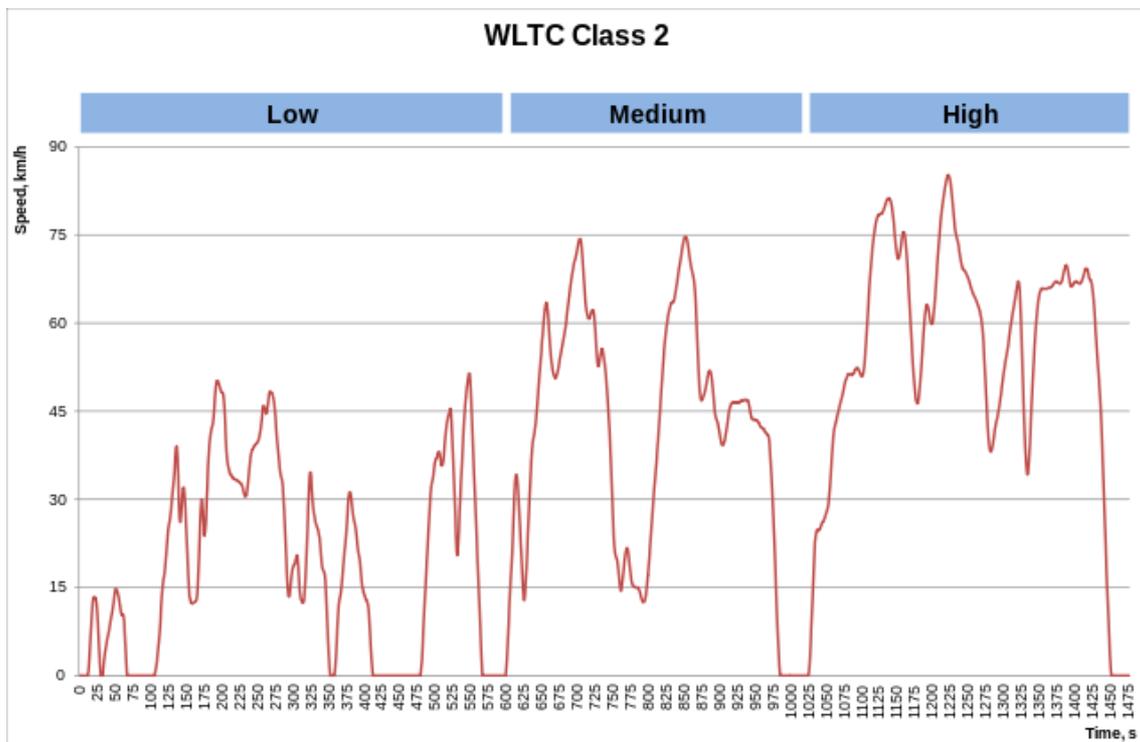


Gráfico 3: Ciclo WLTP Clase 2. Fuente "Wikipedia"

- c) Homologación WLTP Clase 3: Esta dividida en 4 partes para baja, media, alta y súperalta velocidad. Si la  $V_{m\acute{a}x} < 135$  km/h, la parte de súperalta velocidad se sustituye por la parte de baja velocidad.

**Ciclo de prueba WLTC clase 3**

	Baja	Media	Alta	Súperalta	Total
Duración, s	589	433	455	323	1800
Duración de parada, s	150	49	31	8	235
Distancia, m	3095	4756	7162	8254	23266
% de paradas	26.5%	11.1%	6.8%	2.2%	13.4%
Velocidad máxima, km/h	56.5	76.6	97.4	131.3	
Velocidad media sin paradas, km/h	25.3	44.5	60.7	94.0	53.5
Velocidad media con paradas, km/h	18.9	39.4	56.5	91.7	46.5
Aceleración mínima, $m/s^2$	-1.5	-1.5	-1.5	-1.44	
Aceleración máxima, $m/s^2$	1.611	1.611	1.666	1.055	

Tabla 3: Ciclo WLTP Clase 3. Fuente "Wikipedia"

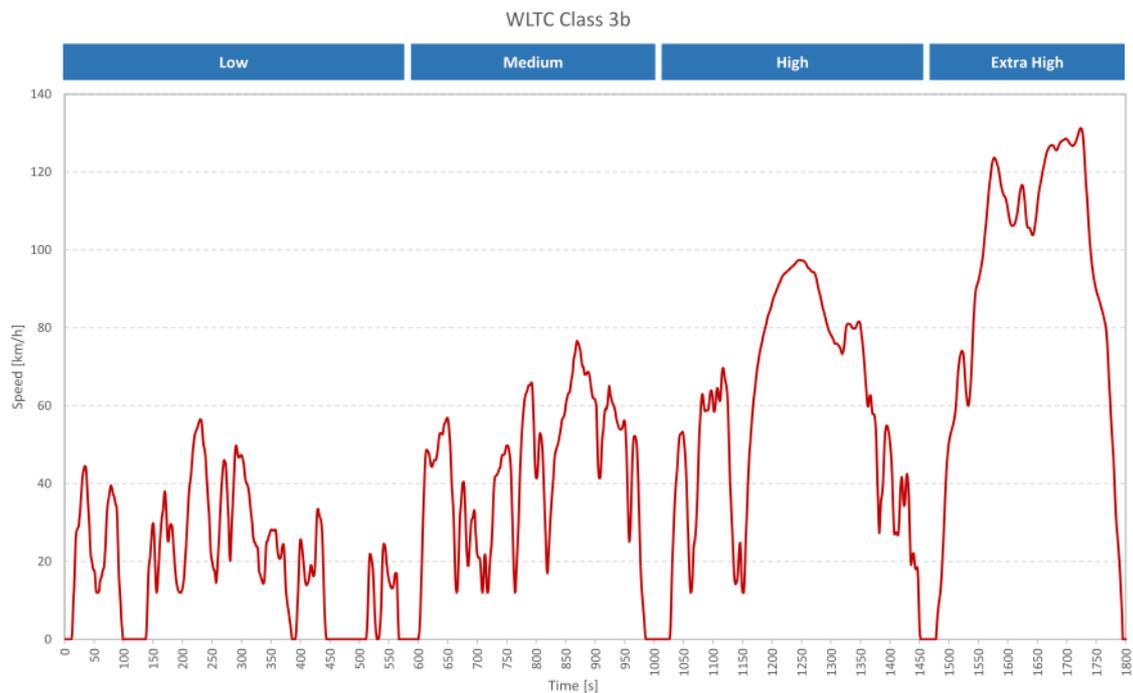


Gráfico 4: Ciclo WLTP Clase 3. Fuente "Wikipedia"

### 2.3.4 Diferencias entre los distintos tipos de homologación. NEDC vs WLTP

Tras analizar ambos ciclos por separado, ahora toca describir las principales diferencias entre ellos, de manera que quede más claro el porqué de este cambio:

- **Distancia:** Mientras el ciclo NEDC simulaba una distancia de unos 11 kms, el nuevo ciclo WLTP recorre 23.25 kms, aumentando también el tiempo de realización de la prueba hasta casi 20 minutos.
- **Temperatura:** El ciclo NEDC se realizaba con una temperatura exterior de aproximadamente 20°C. Con el nuevo ciclo, esta temperatura baja hasta los 14°C. De esta manera, se puede observar en mejor medida como afectan al consumo y las emisiones las temperaturas bajas, sobre todo en el momento de arrancar el motor cuando está frío.
- **Prueba en parado:** En el ciclo NEDC, el 25% del tiempo total de la prueba era con el vehículo parado, de manera que los sistemas Start/Stop conseguían una diferencia notable frente a vehículos que no disponían de este sistema. Con el nuevo ciclo, este tiempo disminuye al 13% del total, de manera que estos dispositivos ya no son tan relevantes para bajar el consumo.
- **Prueba en tráfico real:** En el futuro, con el desarrollo de la norma WLTP, también habrá una prueba en carretera, de manera que se saque del laboratorio el vehículo para probarlo en condiciones reales utilizando aparatos portátiles de medida.
- **Equipamiento:** Con la norma NEDC se homologaban normalmente las versiones con el menor equipamiento posible, así como la monta de neumáticos más eficiente de cara a reducir el consumo y las emisiones. Ahora, con el nuevo ciclo, cada vehículo tiene que ser homologado en función del equipamiento que tenga (influye en mayor o menor medida en el peso), y también con los diferentes tamaños de neumáticos que estén homologados, de manera que las versiones con neumáticos más grandes o pesados vean penalizados sus consumos y emisiones.
- **Velocidad máxima:** Aumenta desde los 121 km/h del ciclo NEDC hasta los 131 km/h del ciclo WLTP. A más velocidad, más se ven penalizados los consumos y emisiones debidos a la resistencia aerodinámica.

### **2.3.5 Puesta en marcha del ciclo WLTP**

La entrada en vigor del nuevo ciclo WLTP se realizó el pasado 01/01/2021, tras la moratoria concedida por el gobierno desde el 01/09/2018, fecha en la que estaba prevista su implantación.

### ***2.4 Protocolo de Actuación para Episodios de Contaminación por NOx en la ciudad de Madrid.***

La última actualización del protocolo por alta contaminación del Ayuntamiento de Madrid entro en vigor el 10/12/2018, siendo la novedad más importante incluida en esta revisión, la clasificación de los vehículos en función de la etiqueta medioambiental que poseen. De esta manera, se intenta primar a los vehículos menos contaminantes, y se prohíbe la circulación de aquellos que no disponen de etiqueta medioambiental.

El protocolo está basado en 5 escenarios diferentes, siendo el 1 el menos restrictivo, y el 5 el de mayores restricciones. A modo de resumen, y basándonos solo en las limitaciones de velocidad y circulación así quedan los diferentes escenarios:

- **Escenario 1:** Reducción de velocidad a 70km/h en la M30 y accesos.
- **Escenario 2:** Medida de velocidad del escenario 1 + Prohibición de circulación a los vehículos sin distintivo por la M30 y el interior de esta.
- **Escenario 3:** Escenario 2 + Ampliación de la zona de no circulación de vehículos sin distintivo a todo el término municipal de Madrid.
- **Escenario 4:** Escenario 3 + Prohibición de circulación a los vehículos con etiqueta B por la M30 y el interior de esta.
- **Escenario 5:** Escenario 4 + Prohibición de circulación en todo el término municipal de Madrid a vehículos con etiqueta B y C. Solo pueden circular vehículos con etiqueta ECO y 0.

Las excepciones a las medidas de prohibición de circulación de vehículos a motor que aplican a vehículos para distribución urbana de mercancías están recogidas en la Ordenanza de Movilidad Sostenible para “Distribución urbana de mercancías y otros servicios”. Aquí se hace una diferenciación en cuanto a fechas de cumplimiento, según la

M.M.A. del vehículo en cuestión distinguiendo entre los vehículos de menos de 3500Kgs (M.M.A.) y los de mayor peso.

De esta manera, a los vehículos industriales con M.M.A igual o inferior a 3500Kgs podían circular sin cumplir estas restricciones hasta el pasado 31/12/2019. Los de más de 3500Kgs disponen de plazo hasta el 31/12/2022 para cumplir con la normativa basada en el etiquetado medioambiental.

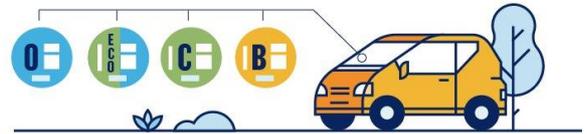
En el siguiente dossier se puede observar de manera más clara y sencilla la nueva normativa impuesta por el Ayuntamiento de Madrid.

# NUEVO PROTOCOLO POR ALTA CONTAMINACIÓN

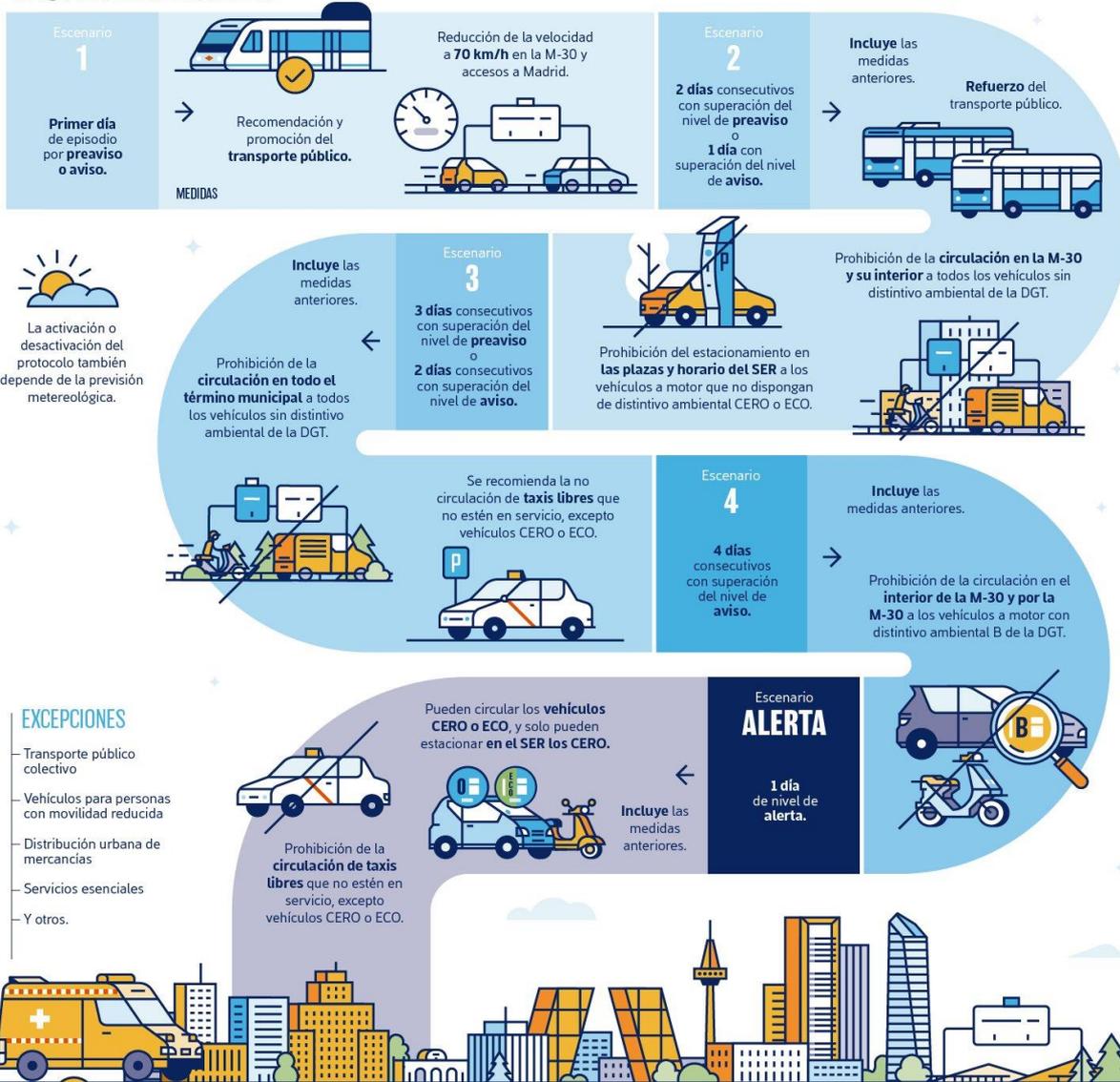
## AYUNTAMIENTO DE MADRID

La contaminación en Madrid procede en su mayor parte del tráfico. Por eso, el protocolo toma sobre todo medidas para reducir el número de vehículos a motor que circulan por la ciudad.

Como novedad, en esta revisión se tienen en cuenta los distintivos ambientales de la DGT para primar los vehículos más limpios. Puedes consultar tu clasificación en su página web, introduciendo la matrícula.



En vigor desde el 8 de octubre de 2018



Puedes obtener más información sobre el nuevo protocolo en los siguientes canales:

**Web**  
Madrid.es/contaminación

**Servicio gratuito de SMS**

**Twitter**  
de @madrid y las alertas de @EmergenciasMad

**Facebook**  
'ayuntamientodemadrid'

**App**  
Aire de Madrid

**Teléfono**  
010

**Paneles de tráfico y transporte público**

## 3. Empresas implicadas en el estudio

Tal y como se comentó en la introducción, las empresas implicadas en el análisis que se va a presentar son Groupe CAT y Groupe Renault, ambas de origen francés.

Actualmente, Groupe CAT actúa como operador logístico para Groupe Renault, junto a otros operadores de renombre como el grupo francés GEFCO o el americano XPO.

En España, Groupe CAT tiene como actividades la distribución de vehículos nuevos que se ensamblan en las factorías de Valladolid y Palencia, a través de su división LV (Logística Vehículos), y también realiza la distribución de recambios a toda la red comercial y asociados de Renault y Dacia a través de la división LC (Logística Cargo).

A continuación, una pequeña reseña histórica de cada una de las empresas, desde su fundación hasta la actualidad.

### 3.1 Groupe Renault

Groupe Renault es una empresa francesa perteneciente al sector del automóvil, y que pertenece al conglomerado industrial “Alianza Renault – Nissan – Mitsubishi”



*Logo 1: Alianza Renault Nissan Mitsubishi*

En España, se divide en 6 empresas diferentes, cada una dedicada a diferentes actividades.

- Renault España S.A (RESA): Cuenta con cuatro factorías, dos de Carrocería Montaje (Valladolid y Palencia), una de Motores (Valladolid) y una de Cajas de Velocidades (Sevilla). A esta sociedad pertenece también la Dirección de Ingeniería de Renault en España, así como el Corporate. La sede central de la empresa en España se encuentra en Madrid.

# GROUPE RENAULT

*Logo 2: Groupe Renault*

- Renault España Comercial S.A (RECSA): Es la filial del grupo que se dedica a la comercialización de vehículos y piezas de recambio. A través de RECSA, Renault cuenta con una Red Comercial bien dimensionada, profesional y rentable compuesta por Concesiones, Distribuidores Renault Servicio, Reparadores Autorizado, puntos de Renault Servicio y Agentes Renault Servicio.
- Renault Retail Group (RRG): Es el segundo grupo de distribución del sector del automóvil en Europa y pertenece en un 100% a Groupe Renault. Con más de 14.000 colaboradores repartidos en 240 centros, en España la Red cuenta con 18 centros, de los cuales 8 se encuentran en Madrid, 5 en Barcelona, 3 en Valencia y 2 en Castellón. RRG en España comercializa las marcas Renault y Dacia, tanto en vehículos nuevos como de ocasión, vehículos particulares, comerciales y eléctricos.



*Logo 3: Renault Retail Group*

- Sodicam: Perteneciente a Groupe Renault, esta sociedad se centra en la comercialización de Piezas de Recambio y Accesorios y en todo lo necesario para el equipamiento de un taller de reparación de automóviles, con clientes en España y Portugal. Asimismo, SODICAM dispone del catálogo más amplio del mercado, con primeras marcas y fabricantes especializados, lo que la convierte en pionera en la comercialización de productos y servicios de alto valor añadido, adaptados tanto a las nuevas tecnologías y normativas como a las necesidades puntuales y particulares de nuestros clientes.



*Logo 4: SODICAM*

- Renault Nissan Consulting S.A.: Comenzó su actividad oficial en febrero de 1996 bajo el nombre de Instituto Renault de la Calidad y el Management (IRCM), centrado en el desarrollo de actividades de formación (fundamentalmente en temas

relacionados con la calidad), lo que ha ido evolucionando hacia el campo de la consultoría operacional en varios sectores de actividad (Sistemas de Producción Lean, Logística, Concepción producto-proceso, Estrategia de empresa, Lean 6 Sigma o Lean Service).



*Logo 5: Renault Nissan Consulting*

- RCI: RCI Banque España cuenta con más de 35 años de experiencia en la financiación del automóvil en España y con más de 75 años de experiencia a nivel internacional. Financiera de Renault y Nissan, RCI Banque ofrece una completa gama de productos financieros ligados al sector de la automoción.



*Logo 6: RCI Banque*

### **3.2 Groupe CAT**

Compagnie d'Affrètement et de Transport "Empresa de fletamento y transporte" (CAT) se funda el 4/09/1957 por la Régie Renault con el objetivo de iniciar la exportación del Renault 4CV a Estados Unidos.



*Logo 7: CAT*

Pocos años más tarde, Groupe CAT asegura la expedición y entrega de productos vendidos por Renault en Francia, y abre centros de expedición en diferentes fábricas de Renault como son Flins, Creil, Billancourt, Sandouville y Le Mans.

13 años después de su creación, en 1970 se crea Groupe CAT Bélgica, dando el pistoletazo de salida a la internacionalización de la empresa.

En 1974 se crea Transport Entreposage Distribution “Transporte, Almacenaje y Distribución” (TED) lanzándose oficialmente a la logística de piezas de recambio. Se inician las operaciones en España dando servicio a las fábricas de Renault en Valladolid y Palencia.



*Logo 8: TED*

En la década de los 80, Groupe CAT se instala en Alemania, México, Italia, Venezuela, Gran Bretaña, Singapur, y Portugal.

En la década de los 90, sigue expandiéndose internacionalmente creando filiales en Polonia, Austria, Suiza, Argentina, Brasil, Turquía y Eslovenia.

En el año 2000, el grupo reorganiza sus actividades y se divide en 2 grandes departamentos:

- CAT LV: Logística de vehículos, que incluye el transporte, almacenamiento y distribución de vehículos en diferentes campos por toda Europa, dando servicio a fábricas del Groupe Renault y otros fabricantes.
- CAT LC: Logística Cargo, que incluye el transporte de mercancías, tanto recambios de automóvil del Groupe Renault como de otros fabricantes, así como otro tipo de mercancías como motocicletas nuevas de la marca Kawasaki.

En el año 2001, Groupe Renault cede parte de Groupe CAT al Consortium Global Automotive Logistics (CGAL), pero sigue siendo su cliente número 1 en cuanto a cifra de negocio.

Durante el año 2004, Groupe CAT inicia colaboraciones con los mayores fabricantes de vehículos en Europa, entre ellos, BMW, Daimler, Chrysler, Ford, Hyundai, Kia, Opel, Scania y Toyota.

En el año 2005, Groupe Renault renueva su confianza en Groupe CAT prolongando los contratos de LC en 11 países.

Después de diferentes intentos de venta y compra de la empresa, en el año 2009 Manuel Antelo (Argentina) compra el 100% de las acciones a través de su empresa Two Continents Logistic (TCL) convirtiéndose en el único accionista.



*Foto 1: Manuel Antelo (Argentina)*

En España, Groupe CAT comienza a comprar empresas de la competencia de LV y se hace con el control de Toquero Express en el año 2012 y en 2017 con la empresa Syntax Logística y STVA.



*Foto 2: Toquero Express y STVA*

### 3.3 Centro APR Groupe Renault España

El centro APR (Almacén Piezas de Recambio) que el Groupe Renault tiene en España está localizado en la población de Torres de la Alameda, en el noreste de la Comunidad de Madrid.



Foto 3: Fotografía aérea del almacén de RECSA en la población de Torres de la Alameda

Desde este centro se distribuyen todos los recambios originales para todos los talleres oficiales y afiliados de España, Portugal, Andorra, Gibraltar y parte de Marruecos, a través del operador logístico Groupe CAT.

Como centro de referencia en España, desde aquí se realizan tres tipos de distribución, tal y como se detalla a continuación:

1. **Distribución capilar en la Comunidad de Madrid y provincias limítrofes.**
2. **Distribución a centros de proximidad (CDP) localizados en diferentes provincias de España peninsular.**
3. **Distribución a diferentes plataformas de X-Dock en Portugal.**

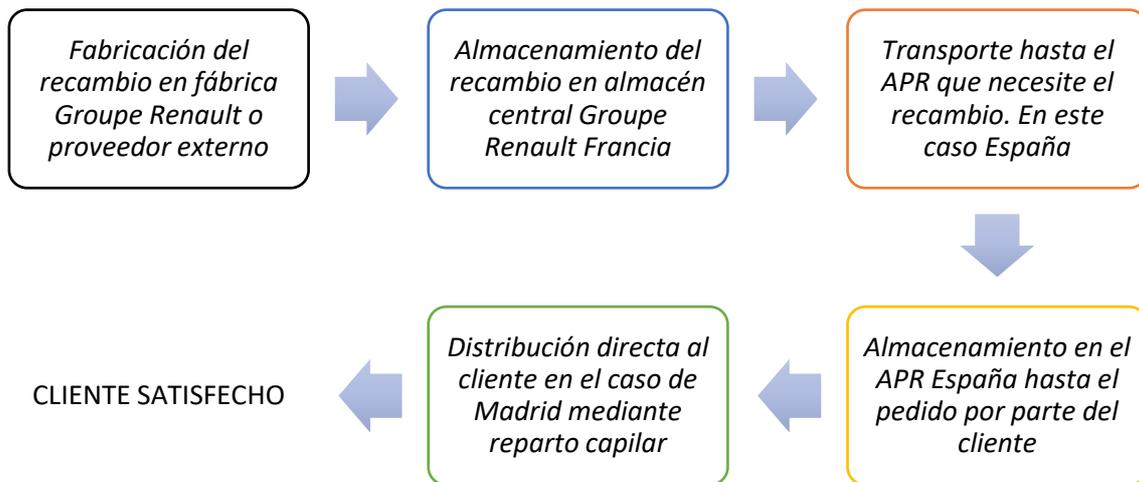
En este análisis, tal y como se describió en la introducción, solo se va a analizar el punto número 1 citado anteriormente.

### 3.3.1 Distribución capilar desde el APR

Desde el centro APR se realiza la distribución capilar por la Comunidad de Madrid, y sus provincias limítrofes, esto es, Ávila, Segovia, Guadalajara, Cuenca, Toledo y Ciudad Real. También se realizan servicios especiales para otras provincias, pero en mucha menor medida.

Como se definió en el primer capítulo de este trabajo, esta distribución es la última etapa de la cadena de distribución, en la que el cliente final, en este caso, talleres y tiendas de recambios, reciben sus mercancías, generalmente en un corto periodo de tiempo, máximo 24 horas si el recambio está disponible en el almacén central.

Para poder llegar al cliente final, las mercancías han tenido que pasar una serie de eslabones en la cadena de distribución, tal y como se recoge en el siguiente esquema:



En el caso del APR, se sigue un modelo mixto, ya que Groupe Renault actúa como fabricante y distribuidor de recambios, pero el transporte lo externaliza, actuando Groupe CAT como operador logístico, es decir, realizando la última parte de la cadena de suministro.

Para ello, hay rutas de todo tipo, pero como se verá más adelante, en este análisis solo se han analizado las rutas urbanas de Madrid, puesto que son las que tienen más restricciones a nivel de contaminación medioambiental.

### ***3.4 Logística inversa***

Otro punto esencial de la cadena de suministro es la logística inversa o retorno de piezas al APR, ya que es imprescindible, tanto para la recuperación de piezas que pueden volverse a usar (Piezas de Cambio Standard como por ejemplo motores o cajas de cambio) o para el reciclaje de estas, como pueden ser baterías, líquidos como el aceite o el refrigerante o en menor medida embalajes de cartón usados para el transporte de piezas nuevas.

El esquema de funcionamiento es muy parecido al que se utiliza para realizar la entrega de piezas nuevas, ya que se usan los mismos vehículos y las mismas rutas de distribución, pero a diferencia de los pedidos nuevos, solo se realizan recogidas en aquellos puntos que previamente han hecho el pedido de una pieza de manera que se optimicen tanto el servicio como el coste.

Una vez las piezas llegan al APR, cada pieza sufre una clasificación en función de su destino, pero eso no es de interés para este trabajo.

## 4. Análisis de las rutas de distribución capilar con inicio en el centro APR

Tal y como se describió en el capítulo 3, desde el centro APR, se realiza la distribución capilar por toda la Comunidad de Madrid y provincias limítrofes.

En este análisis, solo se han tomado en cuenta las rutas que realizan su distribución por la ciudad de Madrid, ya que son las rutas que más se ven afectadas por las restricciones medioambientales del Ayuntamiento de Madrid, vistas en el capítulo anterior.

Las rutas analizadas, 5 en total, tienen la particularidad de que su zona de reparto está dentro del perímetro delimitado por la carretera de circunvalación M45. Estas zonas podemos establecerlas en función de los puntos cardinales:

- Ruta 1: Zona Noroeste-Centro (R1 NOC)
- Ruta 2: Zona Noreste (R2 NE)
- Ruta 3: Zona Sureste (R3 SE)
- Ruta 4: Zona Sur (R4 S)
- Ruta 5: Zona Suroeste (R5 SO)

Hay que destacar que siempre el inicio y final de las rutas son el APR, por lo que podemos definir este tipo de rutas como rutas circulares. De esta manera, si un cliente tiene que devolver una pieza, ya sea porque este defectuosa o en garantía, existe el circuito de retorno diario hacia el APR. (Logística inversa descrita en el punto 3.4)

## **4.1 Descripción en profundidad de la zona de reparto de cada ruta**

### **4.1.1 Ruta 1 - Zona Noroeste y Zona Centro**

La ruta 1 cubre la mayor parte de la zona centro de Madrid, especialmente los distritos de Barrio de Salamanca, Retiro, Chamberí, Tetuán, Chamartín y Fuencarral – El Pardo.

La particularidad de esta zona es que muchos talleres se encuentran en calles de un solo sentido, en las que es difícil aparcar, y realizar algunos giros, dada la estrechez de la calzada.

### **4.1.2 Ruta 2 - Zona Noreste**

La ruta 2 cubre toda la zona de entrada a Madrid por la carretera A2, dando servicio al barrio de Barajas, el barrio de Ciudad Lineal y San Blas-Canillejas. También, cubre algunos puntos del barrio de Vicálvaro, zona que comparte con la ruta 3.

Lo más destacable de la zona, al igual que en la ruta 1, es que muchos talleres se encuentran en calles de un solo sentido, aunque cada vez más, se están construyendo grandes avenidas, en las que la circulación es más fácil y fluida.

### **4.1.3 Ruta 3 - Zona Sureste**

La ruta 3 cubre todo el barrio de Moratalaz, Villa de Vallecas y algunos puntos del barrio de Vicálvaro, que comparte con la ruta 2.

Esta zona de reparto está delimitada por las siguientes carreteras M23, la M40 y M30. Es un área con grandes avenidas en las nuevas ordenaciones territoriales, aunque también hay algunas calles estrechas sobre todo en el centro del barrio de Vallecas.

### **4.1.4 Ruta 4 - Zona Sur**

La ruta 4 cubre los barrios de Usera y Villaverde. Estos barrios son de fácil acceso, ya que se encuentran delimitados por las carreteras de circunvalación M30, M40 y M45.

El único inconveniente que tiene la zona es que pese a contar con grandes avenidas, estas se encuentran controladas por muchos semáforos, debido a las altas velocidades que se registraban en tiempos pasados.

#### **4.1.5 Ruta 5 - Zona Suroeste**

La ruta 5 cubre los barrios de Carabanchel y Latina. Esta ruta da servicio por ejemplo al taller que se encuentra en el interior de la base militar de Cuatro Vientos, para cuyo acceso hay que gestionar un tipo de permiso especial.

La zona de influencia se encuentra bien comunicada por las carreteras A42 y A5, y delimitada por la M30 y la M40.

#### **4.1.6 Retenciones habituales**

Por norma general, en los viajes de ida desde el APR hacia la zona de reparto, el horario tope de salida del almacén es a las 14:30. Esto provoca que muchas veces, los choferes encuentren retenciones provocadas por la salida de otros trabajadores de sus puestos de trabajo. Las retenciones más habituales suelen provocarse en los siguientes puntos:

- Enlace de la carretera A2 con la carretera de circunvalación de la M50-M45, a la altura de San Fernando de Henares. (Ver plano 1 en el anexo)
- Enlace de la carretera A2 con el ramal del aeropuerto M14 y carretera de circunvalación M40, a la altura del barrio de Barajas. (Ver plano 2 en el anexo)
- Entrada a Madrid por la carretera A2 y su cruce con las calles de Arturo Soria, la carretera de circunvalación M30 y la calle de Francisco Silvela, a la altura de Avda. de América. (Ver plano 3 en el anexo)

Este tipo de retenciones de tráfico no se pueden prever diariamente a la hora de hacer los cálculos, por lo que los hemos obviado para intentar facilitar el análisis.

## ***4.2 Programa de gestión de rutas "Route XL"***

Para poder realizar el análisis de una manera profesional, existen en el mercado multitud de programas que ayudan a los responsables de las flotas (Jefe de Tráfico) a encontrar las rutas óptimas que aseguren la mayor productividad tanto desde el punto de vista operativo

(horarios límite de entrega) como el económico (menor coste). A continuación, se presenta el utilizado en esta ocasión.



*Logo 9: Route XL*

El programa de gestión de rutas “Route XL” es un programa informático de los denominados Open Source, en los cuales, la comunidad de usuarios va proporcionando mejoras y datos de forma gratuita en beneficio de toda la comunidad.

La versión gratuita utilizada solo permite el cálculo de rutas con menos de 20 paradas, y un máximo de 10 rutas al día, por lo que es suficiente para nuestro análisis, ya que en ninguna de las rutas analizadas se superan las 20 paradas.

En este tipo de programas, enfocados al sector profesional, se nos permite programar las diferentes opciones de ruta estableciendo diferentes pautas. En el análisis realizado, se han marcado las siguientes:

- Tipo de vehículo: Furgón M.M.A 3500 kgs.
- Velocidad máxima del vehículo: 90 km/h.
- Tiempo de descarga por punto: 5 min
- Hora salida ruta: 14:30 horas
- Tipo de ruta: Circular (Indica que el origen y final debe ser el mismo)
- Prioridad de clientes: SI (Indica los clientes que deben tener prioridad en la ruta)

El tiempo de descarga empleado en el análisis es una media del tiempo real utilizado por los choferes, ya que, dependiendo del cliente, pueden tardar desde un minuto hasta más de un cuarto de hora, dependiendo del nº de bultos a entregar o su tamaño, y a la verificación de los mismos en cuanto a su estado en el momento de la entrega.

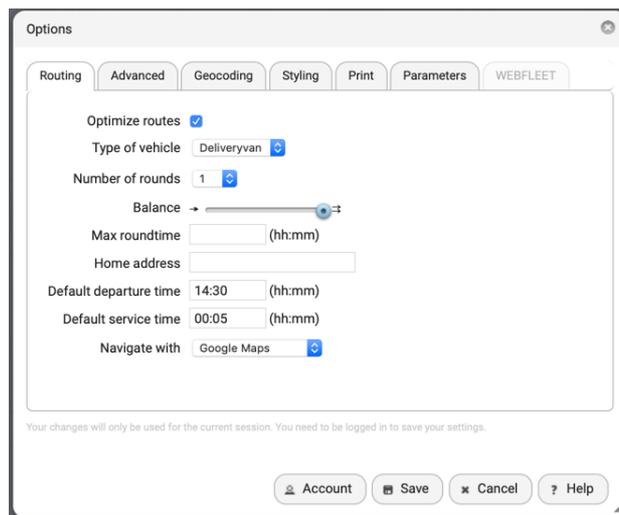


Foto 4: Pantalla de opciones en el programa Route XL

### 4.3 Base de cálculo de las rutas óptimas

Para poder establecer las rutas optimas, se ha partido de una base de datos con todas las expediciones realizadas durante el año 2019, y a partir de ahí, se ha exportado la información necesaria para poder utilizar “Route XL”.

No se han cogido los datos del año 2020 y los primeros meses de 2021 ya que, debido a la pandemia por el COVID19, el volumen de pedidos se redujo considerablemente, y los datos no son representativos del volumen real que tienen estas 2 empresas, tal y como se comentó en el resumen inicial.

A continuación, se presenta la media de expediciones diarias que ha realizado cada ruta, tal y como se puede ver en la siguiente tabla:

Expediciones diarias medias				
R1 NOC	R2 NE	R3 SE	R4 S	R5 SO
10	11	12	9	12

Una vez que tenemos las expediciones medias diarias, se ha calculado el nº de expediciones que ha tenido cada cliente de mayor a menor número, de manera que se han elegido los clientes que más veces se han visitado cada mes, y esos son los datos que hemos utilizado para calcular la ruta.

#### 4.4 Distancias medias recorridas en cada una de las rutas

A partir de los datos anteriores del cálculo del nº medio de expediciones, utilizamos el programa “Route XL” para conocer cuál es la distancia media que realizan los choferes diariamente. Con esta distancia se podrán comparar las diferentes opciones basándonos en el consumo medio mensual de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmosfera. A continuación, la tabla con los datos proporcionados por el programa:

Kms medios recorridos diarios				
R1 NOC	R2 NE	R3 SE	R4 S	R5 SO
88,30	83,20	95,50	101,00	122,00

Con el calendario laboral de 2021 – 2022 en la mano, sacamos los días laborales anuales del año, y calculamos la distancia recorrida teórica:

Mes	Total días laborales mes	Kms medios recorridos mensuales				
		R1 NOC	R2 NE	R3 SE	R4 S	R5 SO
jul-21	<b>22</b>	1943	1830	2101	2222	2684
ago-21	<b>22</b>	1943	1830	2101	2222	2684
sep-21	<b>22</b>	1943	1830	2101	2222	2684
oct-21	<b>20</b>	1766	1664	1910	2020	2440
nov-21	<b>21</b>	1854	1747	2006	2121	2562
dic-21	<b>19</b>	1678	1581	1815	1919	2318
ene-22	<b>19</b>	1678	1581	1815	1919	2318
feb-22	<b>20</b>	1766	1664	1910	2020	2440
mar-22	<b>23</b>	2031	1914	2197	2323	2806
abr-22	<b>21</b>	1854	1747	2006	2121	2562
may-22	<b>21</b>	1854	1747	2006	2121	2562
jun-22	<b>22</b>	1943	1830	2101	2222	2684
<b>Total Periodo Analizado</b>		<b>11126</b>	<b>10483</b>	<b>12033</b>	<b>12726</b>	<b>15372</b>

## 5. Análisis de la flota actual de vehículos y el gasto económico

Actualmente, como se ha comentado en anteriores capítulos, la distribución del APR por la ciudad de Madrid se realiza con 5 furgonetas de M.M.A (Masa Máxima Autorizada) 3500 Kgs.

### ***5.1 Flota actual de vehículos utilizados en el APR y modelo reemplazante***

El modelo utilizado es la furgoneta Renault Master L2H2 dCi 125 (2014), cuyas características técnicas más importantes se encuentran a continuación:

- Dimensiones exteriores
  - Longitud total: 5548 mm
  - Altura total: 2499 mm
  - Anchura total: 2470 (retrovisores incluidos) mm
- Dimensiones zona de carga:
  - Longitud zona de carga: 3030 mm
  - Anchura interior entre pasos de rueda: 1380 mm
  - Altura de entrada trasera: 1820 mm
  - Carga útil: 1254 Kgs
- Motor:
  - Combustible: Diésel
  - Cilindrada: 2298 cm<sup>3</sup>
  - Potencia máxima: 125cv (92kW)
  - Par máximo: 310 Nm
- Consumos y emisiones: (Homologados bajo normativa NEDC)
  - Ciclo mixto (l/100km): **8,9**
  - Emisiones CO<sub>2</sub> (g/km): **234**
  - Etiqueta de emisiones: **B**
  - Normativa de emisiones: **Euro V**

De estos datos, podemos destacar sobre todo los referentes al consumo y emisiones, que son los que nos proporcionarán nuestra base de cálculo frente a otras alternativas.

El modelo que reemplaza a esta misma versión, en su configuración comercial del 2022 tiene las siguientes características técnicas:

- Motor:
  - Combustible: Diésel
  - Cilindrada: 2298 cm<sup>3</sup>
  - Potencia máxima: 135cv (99kW)
  - Par máximo: 360 Nm
- Consumos y emisiones: (Homologados bajo normativa WLTP)
  - Ciclo mixto (l/100km): **6,7**
  - Emisiones CO<sub>2</sub> (g/km): **180**
  - Etiqueta de emisiones: **C**
  - Normativa de emisiones: **Euro VI d-Temp**

Un punto importante para destacar de estos nuevos motores es que todos llevan de serie el dispositivo Start-Stop para parar el motor en retenciones y semáforos, y también cuentan con inyección de AdBlue en el escape para reducir las emisiones de NOx.

### ***5.2 Consumo de combustible diésel y emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas en el periodo analizado***

Para poder hacer los cálculos del gasto de combustible (Diésel) y las emisiones emitidas, se ha utilizado la tabla de las distancias medias recorridas. Hay que tener en cuenta que todos estos cálculos se hacen de manera teórica.

Litros consumidos y TM de CO <sub>2</sub> emitidas (Modelo 2014)					
Nº de ruta	R1 NOC	R2 NE	R3 SE	R4 S	R5 SO
Kms recorridos	22252	20966	24066	25452	30744
Litros consumidos	1980,39	1866,01	2141,87	2265,23	2736,22
Emisiones CO <sub>2</sub> emitidas (Tm)	5,207	4,906	5,631	5,956	7,194

### ***5.3 Variación del precio del combustible en el periodo analizado***

Para poder analizar económicamente las diferentes alternativas, vamos a partir de algo tan básico como es el precio del combustible utilizado.

En este apartado, se analiza el precio medio del combustible diésel desde Julio 21 hasta Junio 22.

La fuente de datos utilizada es el Índice de variación mensual de los precios medios del gasóleo en España, que publica el Ministerio para la Transición Ecológica. A continuación, los datos obtenidos:

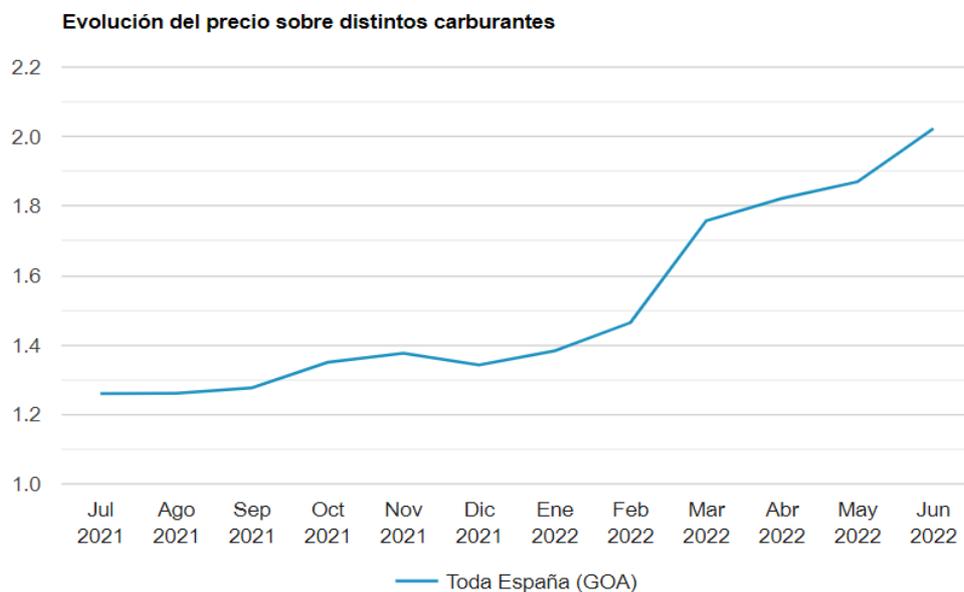


Gráfico 5: Fuente: Ministerio para la transición ecológica

NOTA: En Abril de 2022 entro en vigor el RD - ley 6/2022 por el que se aplica un descuento de 0,20€ en el precio final de todos los combustibles a la venta en España como consecuencia de la guerra en Ucrania. En este gráfico se muestra el precio del combustible sin dicho descuento.

**5.4 Gasto económico realizado en combustible durante el periodo analizado (Julio 21 - Junio 22) con el modelo del 2014.**

Modelo 2014						
Mes	Precio medio comb. (€/L)	Gasto medio mensual en combustible				
		R1 NOC	R2 NE	R3 SE	R4 S	R5 SO
jul-21	1,26 €	218,53 €	205,91 €	236,35 €	249,97 €	301,94 €
ago-21	1,27 €	218,71 €	206,08 €	236,54 €	250,16 €	302,18 €
sep-21	1,28 €	221,30 €	208,52 €	239,35 €	253,13 €	305,76 €
oct-21	1,36 €	212,97 €	200,67 €	230,34 €	243,60 €	294,25 €
nov-21	1,38 €	227,91 €	214,75 €	246,49 €	260,69 €	314,89 €
dic-21	1,35 €	201,13 €	189,51 €	217,53 €	230,06 €	277,89 €
ene-22	1,39 €	207,25 €	195,28 €	224,15 €	237,06 €	286,35 €
feb-22	1,47 €	231,20 €	217,85 €	250,06 €	264,46 €	319,44 €
mar-22	1,77 €	319,57 €	301,11 €	345,62 €	365,53 €	441,53 €
abr-22	1,83 €	302,17 €	284,72 €	326,81 €	345,64 €	417,50 €
may-22	1,88 €	310,26 €	292,34 €	335,56 €	354,89 €	428,67 €
jun-22	2,04 €	352,01 €	331,68 €	380,71 €	402,64 €	486,35 €
Total Periodo Analizado		3.023,01 €	2.848,41 €	3.269,51 €	3.457,81 €	4.176,76 €
Coste €/km Anual		0,14 €				

## 6. Análisis de posibles alternativas a los vehículos actuales

En este capítulo, se va a realizar un extenso análisis sobre cada uno de los posibles vehículos alternativos, con sus ventajas y desventajas, así como los aspectos económicos más influyentes.

Dentro de las posibles alternativas que nos ofrece el mercado de vehículos industriales, podemos encontrar vehículos movidos por los siguientes combustibles:

- GNC: Gas Natural Comprimido
- GNL: Gas Natural Licuado
- GLP: Gas Licuado del Petróleo

A parte, también encontramos vehículos comerciales movidos por energía eléctrica, pero estos se analizarán en el siguiente capítulo.

### **6.1 GNC: Gas Natural Comprimido**

El Gas Natural Comprimido (GNC) o el también llamado Gas Natural Vehicular (GNV) es un combustible de origen fósil no renovable basado en el uso de gas natural (metano).

Se origina bajo condiciones parecidas a las del petróleo, y suele ser un producto subsidiario de la explotación petrolífera, aunque también hay yacimientos específicos.

La formulación química del gas natural, formado por un solo átomo de carbono y cuatro de hidrogeno, ( $\text{CH}_4$ ), provoca que su eficiencia energética sea más alta frente a otros combustibles fósiles derivados del petróleo, como pueden ser la gasolina o el diésel.

A parte, es un combustible más limpio, ya que en su combustión se emiten un 30% menos de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), un 65% menos de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) y un 90% menos de óxidos nitrosos ( $\text{NO}_x$ ) frente a la gasolina o el diésel. Además, en su combustión no se genera azufre, ni partículas, ni trazas de plomo o metales pesados, lo que ayuda a disminuir globalmente las emisiones contaminantes.

Según la procedencia del gas natural, hay veces que es necesario someterlo a un ciclo de depuración o deshidratación antes de su consumo o almacenamiento.

La forma principal de almacenamiento del GNC es en tanques presurizados a presión de entre 200 y 250 bares, lo que permite que en espacios pequeños se almacenen grandes volúmenes de gas natural.

Existen diferentes calidades del gas natural, sobre todo influenciadas por el yacimiento de origen, pero gracias a la interconexión de gaseoductos, esta calidad se equilibra. La diferencia principal entre las diferentes calidades se establece sobre la base del poder calorífico. En la siguiente tabla se pueden observar las diferencias principales entre el H-Gas y el L-Gas.

Calidad del gas		H-Gas	L-Gas
Poder calorífico	[kWh/m <sup>3</sup> ]	10,0	8,9
Metano	(CH <sub>4</sub> ) [% vol.]	97,8	86,8
Etano	(C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )		
Propano	(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) [% vol.]	1,3	6,7
Butano	(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )		
Nitrógeno	(N <sub>2</sub> ) [% vol.]	0,8	2,7
Dióxido carbono	(CO <sub>2</sub> ) [% vol.]	0,1	1,0

Tabla 4. Fuente: [aficionadosalamecanica.net](http://aficionadosalamecanica.net)

Para hacer una equivalencia en cuanto a consumo, la relación directa entre el peso del gas y el volumen es de 1L-> 6,2 Kg. De esta manera, cuando los vehículos de GNC repostan, se hace en virtud del peso, de manera que los precios vienen expresados en €/Kg.

## 6.2 GNL: Gas Natural Licuado

El Gas Natural Licuado es en síntesis el mismo combustible que el GNC, pero difiere en su forma de almacenamiento.

Mientras que el GNC, se almacena como hemos dicho en tanques presurizados a elevada presión (200-250 bares), el GNL se almacena en tanques a presión atmosférica criogénicos, es decir, a una temperatura de alrededor de -162°C.

Esto aporta diferentes ventajas e inconvenientes, como se verá más adelante.

### **6.3 GLP: Gas Licuado del Petróleo**

El Gas Licuado del Petróleo, o comercialmente conocido como Autogas, es un combustible de origen fósil no renovable basado en una mezcla de gas butano (40%), y propano (60%).

Al ser un producto que se obtiene del petróleo en bruto, su precio en el mercado es mucho más volátil, como se verá más adelante.

Medioambientalmente hablando, es un combustible más limpio que la gasolina o el diésel, pero menos que el gas natural, debido a que contiene mayores impurezas, y su formulación química incluye más componentes, lo que redundaría en una combustión con mayores residuos químicos, ya sea CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> u otras partículas.

Su forma de almacenamiento es similar al GNC, pero a presiones mucho más bajas, en el entorno de 10 bares. Esto provoca diferentes ventajas e inconvenientes como se verá a continuación.

### **6.4 Ventajas de los combustibles alternativos frente a los combustibles tradicionales.**

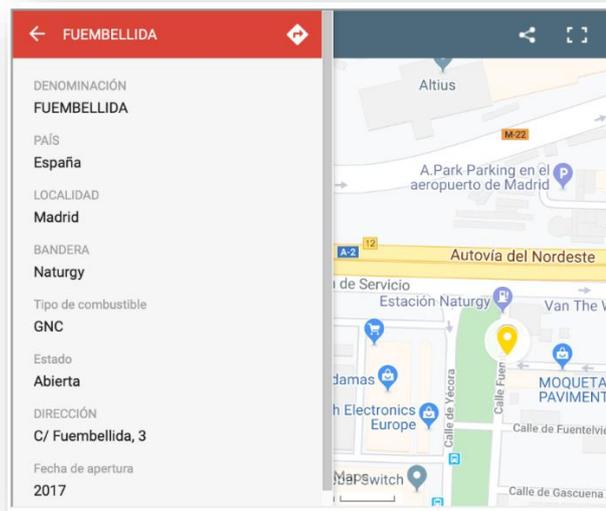
- Tanto el GNC, como el GLP, tienen un precio de venta menores a los combustibles tradicionales.
- Los vehículos que utilizan estos combustibles alternativos disponen de la etiqueta medioambiental de la DGT, “ECO”, lo que les permite circular sin restricciones por el centro de ciudades como Madrid.
- Los vehículos que utilizan estos combustibles alternativos emiten menos emisiones contaminantes tanto de CO<sub>2</sub> como de NO<sub>x</sub> que sus homólogos de combustibles tradicionales.
- La seguridad de los vehículos impulsados por combustibles alternativos es igual o superior que sus alternativas de combustibles tradicionales, ya que sus depósitos van reforzados y disponen de elementos de seguridad como válvulas automáticas que permiten regular la presión de los depósitos en caso de accidente.

- El GNC es un combustible inodoro, y muy ligero, lo que le permite disiparse hacia arriba en lugares bien ventilados.

### ***6.5 Desventajas de los combustibles alternativos frente a los combustibles tradicionales.***

- El coste de adquisición de los vehículos impulsados por combustibles alternativos es superior a sus homólogos de combustibles tradicionales.
- La red de repostaje de GNC es muy pequeña frente a las gasolineras, lo que implica planificar los desplazamientos teniendo en cuenta estas limitaciones.
- La red de repostaje de GLP es superior a la de GNC, pero sigue siendo inferior a la red de gasolineras tradicionales.
- La autonomía de los vehículos de combustibles alternativos es menor frente a sus homólogos de combustibles tradicionales, lo que implica tener que repostar con mayor frecuencia para realizar el mismo desplazamiento.
- La fiabilidad de los vehículos impulsados por combustibles alternativos puede ser menor que la de los vehículos impulsados por combustibles tradicionales, debido a su mayor complejidad técnica y su menor tiempo de desarrollo.
- El mantenimiento de los vehículos impulsados por combustibles alternativos es más caro que los vehículos impulsados por combustibles tradicionales, ya que deben pasar las revisiones cada menor distancia recorrida, y además los recambios (aceites, filtros, etc.) son más caros.

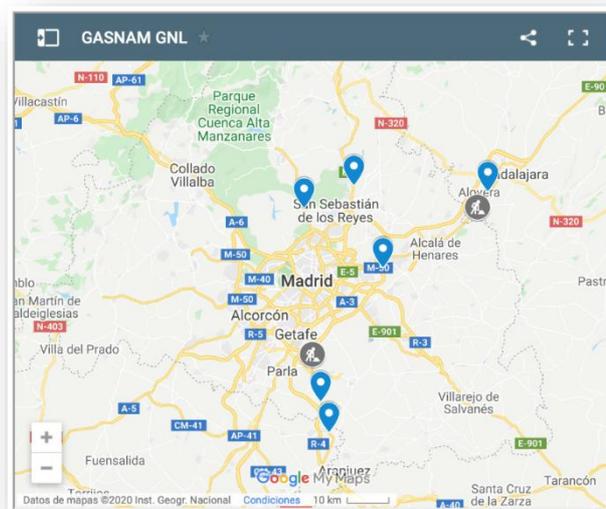




Plano 5: Estación de GNC más cercana al APR.

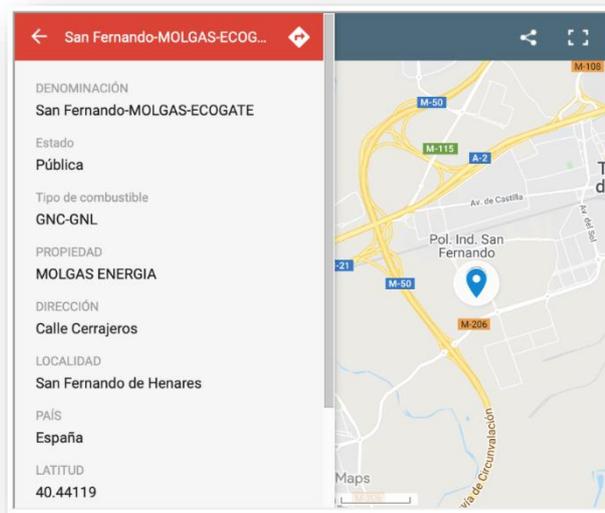
### 6.6.2 Repostar GNL

En el caso del GNL, también la asociación Gasnam ofrece información sobre los puntos disponibles donde repostar este tipo de combustible. La web indica que en toda la Comunidad de Madrid existen 5 puntos donde repostar, y uno de ellos se encuentra muy cerca del APR, por lo que también podría usarse sin provocar grandes desvíos a las rutas de distribución del APR.



Plano 6: Estaciones de GNL en la Comunidad de Madrid

Concretamente, esta gasinera se encuentra en la calle Cerrajeros, en San Fernando de Henares, y además también ofrece la opción de recargar GNC.



Plano 7: Estación de GNC más cercana al APR.

### 6.6.3 Repostar GLP

Dado que el uso de GLP se lleva desarrollando desde hace más años en comparación con el GNC y el GNL, la red de estaciones que ofrecen repostar GLP es mucho más amplia.

En España, este combustible ha sido ampliamente promocionado por la compañía Repsol, y según sus últimos datos, dispone de más de 390 puntos de suministro en la Península y Baleares.

En la Comunidad de Madrid, se pueden encontrar estaciones de Repsol, BP, Galp, Cepsa entre otras con este tipo de combustible, y cerca del APR o en la zona de distribución de las rutas contamos con más de 13 estaciones con este combustible por lo que no hay problemas en cuanto a puntos de suministro.



En la siguiente tabla, se puede ver el precio exacto de cada combustible:

Fecha	Precio GNC	Precio GNL	Precio GLP
07/2021	0,88 €	0,79 €	0,75 €
08/2021	0,88 €	0,80 €	0,77 €
09/2021	0,89 €	0,80 €	0,78 €
10/2021	1,00 €	0,91 €	0,81 €
11/2021	1,07 €	0,99 €	0,84 €
12/2021	1,16 €	1,07 €	0,84 €
01/2022	1,81 €	1,78 €	0,85 €
02/2022	1,91 €	1,83 €	0,86 €
03/2022	1,85 €	1,78 €	0,92 €
04/2022	2,27 €	2,14 €	0,97 €
05/2022	2,02 €	1,93 €	1,00 €
06/2022	1,89 €	1,80 €	1,02 €

NOTA: Los precios del GNC y GNL están basados en €/Kg, y los del GLP en €/l.

Como se puede comprobar tanto en el gráfico como en la tabla, los combustibles provenientes del gas natural tienen un aumento de precio significativo, y en menos de un año han duplicado su valor. En cambio, el GLP aunque ha subido de precio, se ha mantenido mucho más estable que los otros 2.

## ***6.8 Vehículos industriales impulsados por combustibles alternativos***

A continuación, se presentan diferentes opciones de vehículos impulsados por combustibles alternativos. Se han escogido algunos ejemplos de las principales marcas de vehículos industriales en España, aunque hay más opciones disponibles que las aquí presentadas de fabricantes asiáticos.

## **6.8.1 Combustible GNC**

### **6.8.1.1 Fiat Ducato Natural Power**

La marca italiano Fiat, perteneciente al conglomerado industrial CNH, tiene entre su cartera de productos, la furgoneta ligera Ducato, impulsada tanto por combustible diésel como por GNC.

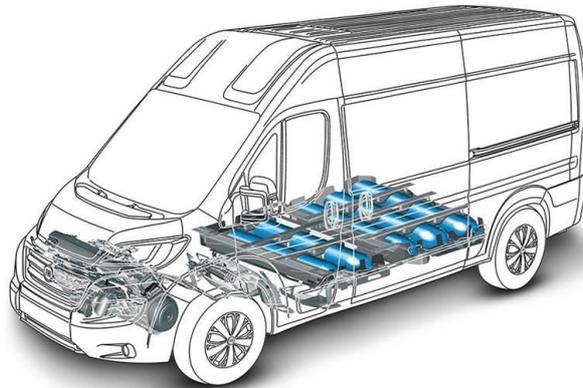
Este vehículo, disponible en varios tamaños de caja, desde 9 hasta 18 metros cúbicos de volumen de carga, se impulsa por un motor de gasolina convenientemente adaptado para su uso con gas natural comprimido. Este motor desarrolla una potencia máxima de 136 C.V. y un par máximo de 350 Nm, por lo que en cuanto a las prestaciones dinámicas son muy parecidas a los actuales vehículos impulsados por combustible diésel.

La mayor diferencia se encuentra en que en los vehículos con motor diésel, el par máximo se consigue a unas r.p.m. (revoluciones por minuto) bastante bajas, en el entorno de las 2000 r.p.m. En cambio, Fiat para conseguir el elevado par que desarrolla este motor, ha tenido que recurrir a tecnologías tales como el aumento de cilindrada del motor, pasando de una cilindrada de 2300c.c. (centímetros cúbicos) típica de los motores diésel a un bloque de 3000c.c. y al uso de un turbocompresor de geometría fija, a diferencia de los motores diésel, que utilizan turbocompresores con geometría variable. Estas tecnologías ayudan a que el par motor máximo se obtenga 3400r.p.m., un valor bajo para motores basados en el ciclo de combustión Otto.

A parte, Fiat ha desarrollado una caja de cambios automática, basada en un convertidor de par que mejora aún más las prestaciones de este motor, reduciendo el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.

Como nota adicional, hay que comentar que todos los vehículos con motor de GNC llevan siempre instalado un pequeño depósito de gasolina, ya que estos motores tienen que arrancar con este combustible para calentarse más rápido. A parte, este pequeño depósito sirve para dotar de una pequeña autonomía en caso de no encontrar un punto de repostaje de GNC.

En el siguiente esquema se pueden observar en color azul el reparto de los depósitos de GNC. La capacidad total alcanza los 39 Kg.



*Foto 5: Esquema técnico de la disposición de depósitos de GNC.*

En cuanto a los consumos y emisiones, homologados bajo normativa WLTP, destaca:

- Ciclo mixto GNC (kg/100km): **14,4**
- Emisiones CO<sub>2</sub> (g/km): **255**
- Etiqueta de emisiones: **ECO**

#### **6.8.1.2 Iveco Daily Natural Power**

Dentro del mismo grupo industrial CNH, la marca Iveco fabrica su modelo Daily GNC con la misma planta motriz que la Fiat Ducato.

No vamos a entrar en detalles técnicos ya que son similares diferenciándose únicamente en las capacidades de sus depósitos, debido a que su chasis es diferente.

En cuanto a los consumos y emisiones, no se pueden comparar un modelo con otro, ya que la Iveco Daily está homologada bajo la normativa WHTC (World Harmonized Transient Cycle), ciclo de homologación para vehículos pesados.

La diferencia de consumos y emisiones no es muy diferente para modelos de longitud y carga similar, siendo la Fiat Ducato algo más ligera en su conjunto que la Iveco Daily.

Este vehículo se fabrica en la factoría que el grupo CNH posee en la ciudad de Valladolid, Castilla y León, España.

### **6.8.2 Combustible GNL**

Actualmente, los vehículos industriales impulsados por GNL tienen una M.M.A superior a 3500Kgs y se clasifican como camiones debido a que los sistemas de GNC han mejorado mucho en los últimos años y ya no se pueden comprar nuevos.

El fabricante que mas ha apostado por este combustible es Iveco, cuyo modelo S-Way GNL es muy utilizado en rutas de larga distancia tanto en España como en el resto de la Unión Europea.

### **6.8.3 Combustible GLP**

Los modelos disponibles en el mercado nacional impulsados por GLP son el Dacia Dokker y la Fiat Doblo. Ambos modelos utilizan un motor de gasolina de 1,6 litros de cilindrada adaptado para poder utilizar GLP.

No incluimos estos 2 modelos en nuestro estudio ya que son de un tamaño mucho menor, y no pudiéndose comparar con los otros modelos de GNC presentados anteriormente.

De todas formas, existen diferentes talleres en España que convierten furgonetas con motor de gasolina en vehículos con capacidad para usar indistintamente ambos combustibles (Gasolina o GLP). El problema principal radica en que existen muy pocas furgonetas con motor de gasolina, y las que se ven actualmente son vehículos importados de países de fuera de la Unión Europa, en los cuales, si es más fácil encontrar este tipo de mecánicas instalados en estos vehículos.

## 7.Vehículos industriales impulsados por energía eléctrica

Frente a las alternativas presentadas en el capítulo anterior, cabe destacar el reciente desarrollo de vehículos industriales impulsados por energía eléctrica.

Este tipo de vehículos han tenido un desarrollo tecnológico muy grande en los últimos años, y se pueden considerar como alternativas perfectamente compatibles para las rutas anteriormente comentadas.

### **7.1 Mercado actual de vehículos eléctricos industriales**

Actualmente hay varios fabricantes que ofrecen furgonetas eléctricas en España con capacidad de carga similar a las utilizadas por la flota del APR. (1000Kgs)

En la siguiente tabla se puede comparar cada modelo con la capacidad de la batería y la autonomía homologada según la normativa WLTP.

Marca / Modelo	Batería (kWh)	Autonomía (Kms)
Renault Máster Z.E.	33	120
Maxus eDelivery 9	72	236
Ford E-Transit	68	317
Man e-TGE	36	130
Mercedes Benz eSprinter	55	158
Peugeot e-Boxer	70	224
Citroën ë-Jumper	75	248

#### **7.1.1 Renault Máster Z.E.**

Es una de las opciones más antiguas en el mercado y la que menor autonomía presenta de la comparativa. Se puede escoger con diferentes tamaños de carrocería, y la equivalente a las actuales, versión L2H2 tiene una capacidad de carga de 1000kgs

La potencia del motor es de 57 kW (76Cv), la velocidad máxima es de 100Km/h, y el Par es de 225 (Nm), siendo las prestaciones dinámicas de la furgoneta muy apropiadas para trayectos urbanos, pero muy escasas si hay que salir a carretera.



Foto 6: Renault Master Z.E. junto a punto de recarga. Fuente: Renault España Comercial S.A.

### 7.1.2 Maxus eDeliver 9

Es una de las opciones mas nuevas en el mercado, pero muy poco conocida debido a su origen asiático, mas concretamente de China.

El modelo L2H2 tiene una capacidad de carga de 1040 kgs y una potencia de 204 Cv, lo que la hace muy recomendable para su uso por carretera. También gracias a disponer de una batería de generosa capacidad frente a la competencia tiene una autonomía homologada mas que suficiente para su uso en cualquiera de las rutas del APR.



Foto 7: Maxus eDeliver9. Fuente: Maxus España

### 7.1.3 Ford E-Transit

Furgoneta de reciente lanzamiento y con la mayor autonomía homologada del mercado. La capacidad de carga de las versiones L2H2 es de 1016 Kgs y equipa un motor de 184Cv, por lo que las prestaciones son buenas tanto en carretera como en ciudad.

Al equipar una batería de gran capacidad y con posibilidad de carga rápida (Máx 115kW) es muy recomendable para todo tipo de rutas.



*Foto 8: Ford E-Transit. Fuente: Ford España*

### 7.1.4 MAN e-TGE

Es un modelo similar a la VW e-Crafter, (descatalogada recientemente) con varios años ya en el mercado, lo que se ve reflejado sobre todo en la capacidad de su batería (36 kWh) y su reducida autonomía.

Tiene una potencia de 136 Cv, lo que le permite salir a carretera con cierta solvencia, pero no es recomendable para las rutas actuales del APR. Además, su capacidad de carga es bastante baja en comparación con otros modelos, ya que solo homologa 750Kgs. Si es cierto que fue el 1º modelo en tener carga rápida, pero solo admite una potencia de 40kW.



Foto 9: Man e-TGE Fuente: MAN Truck & Bus Iberia, S.A

### 7.1.5 Mercedes Benz eSprinter

Es uno de los modelos mas antiguos en el mercado, pero la que mayor calidad presenta frente a sus rivales.

En cuanto a las características técnicas más destacables, cuenta con un motor eléctrico de 86 kW (116 C.V) y un par de 293 N.m. La tracción es siempre a las ruedas delanteras y la capacidad de carga máxima es de 1038 Kg. La velocidad máxima está limitada a 100 Km/h.

En cuanto a las baterías, su capacidad y su autonomía, se pueden elegir 2 versiones. Una más pequeña de 41 kWh, que proporciona una autonomía de entre 102 y 120 kms, con un tiempo de carga en 6 horas en un cargador de 7,4 kW. La otra opción disponible, es una batería de 55 kWh, cuya autonomía es de entre 137 y 158 Km. El tiempo de carga de esta última opción es de 8 horas, ya que no dispone de carga rápida.



Foto 10: Mercedes Benz eSprinter. Fuente: Mercedes-Benz España, S.A.U.

### 7.1.6 Peugeot e-Boxer y Citroën ë-Jumper

Son técnicamente el mismo vehículo y solo se diferencian en la capacidad de la batería instalada, ya que el motor de 120Cv es común para ambos modelos.

En la versión del fabricante Peugeot, la batería es de 70 kWh y en la de Citroën es de 75 kWh. Ambas tienen la misma capacidad carga tasada en 995Kgs, e incluyen la opción de montar un cargador rápido de hasta 22 kW.

Dadas sus autonomías homologadas, son plenamente funcionales para las rutas actuales del APR.



Foto 11: Peugeot e-Boxer. Fuente: Peugeot España S.A.

### 7.2 Opciones reales de uso en las rutas del APR

Dadas las autonomías anteriormente presentadas, y las distancias que se recorren diariamente en las rutas del APR, hay algunos modelos de los anteriormente presentados que tienen una autonomía muy justa, por lo que no aconsejaríamos su uso.

Recordamos en la siguiente tabla las distancias medias que se recorren en cada ruta:

Kms medios recorridos diarios				
R1 NOC	R2 NE	R3 SE	R4 S	R5 SO
88.3	83.2	95.5	101	122

Teniendo en cuenta que la distancia por carretera hasta la zona de reparto es amplia, alrededor de 70 Kms entre ida y vuelta, optaríamos por los modelos con mayor autonomía, mas de 200 Kms homologados, ya que con el resto de modelos, en el momento en que surgiera un imprevisto, probablemente tendrían serios problemas para llegar al destino.

### ***7.3 Ventajas de los vehículos eléctricos***

- Todos los vehículos clasificados como BEV (Battery Electric Vehicles) tienen la etiqueta 0 de la DGT como se puede comprobar en el apartado 2.2.1 lo que permite circular sin ningún tipo de restricción por toda el área geográfica del Ayuntamiento de Madrid.
- La emisión de partículas es 0, de manera que se reduce de manera significativa la polución en el centro de las ciudades, así como la disminución de la contaminación acústica ya que el nivel sonoro de estos vehículos es muy bajo.
- Los vehículos eléctricos disponen de plazas exclusivas de aparcamiento en distintas zonas de Madrid, así como entrada libre por el carril Bus – Vao, de manera que pueden ahorrarse grandes atascos.
- Existe una amplia lista de ayudas a la compra por parte de las administraciones públicas que rebajan sustancialmente el precio final.
- El mantenimiento es mucho mas sencillo y barato, debido a que apenas existen piezas móviles que se desgasten.

### ***7.4 Desventajas de los vehículos eléctricos***

- El precio de compra sigue siendo mas elevado que en los equivalentes de combustible fósil.
- Aunque el nº de puntos de recarga público ha crecido sustancialmente en los últimos años, siguen siendo bajos respecto a las gasolineras, aunque más elevados que las estaciones de GNC, GNL y GLP.
- La autonomía es muy sensible a la forma de conducir, por lo que hay que tener especial cuidado con los conductores y formarlos en técnicas de conducción eficiente.

- En caso de avería de la batería, su coste de reparación o sustitución es muy elevado, siendo en muchas ocasiones no rentable económicamente.

## 7.5 ¿Cómo cargar un vehículo eléctrico?

Actualmente existen en el mercado diferentes soluciones tecnológicas para realizar la carga de los vehículos eléctricos, así como opciones privadas o públicas en función del lugar donde este instalado el cargador.

En este apartado se van a presentar de manera breve las opciones disponibles tanto a nivel particular como público, pero sin entrar en detalles profundas ya que el tema en si daría para hacer un TFM solo sobre este tema.

### 7.5.1 Cargador doméstico

La mayoría de los cargadores domésticos tienen una potencia máxima de **7 kW** y **32A**, ya que la mayoría de las instalaciones particulares de baja tensión no están diseñadas para potencias superiores.

Estos cargadores suelen instalarse en paredes o columnas junto a las plazas de aparcamiento y cuentan con mangueras de unos 5 metros de longitud. Se conectan directamente a los contadores de electricidad y cuentan con sistemas propios de seguridad para evitar accidentes.

El tipo de enchufe más común a nivel europeo es el **Conector Mennekes o Tipo 2. (IEC 62196-2)**



Foto 12: Conector Mennekes o Tipo2. Fuente: Mennekes.com

La instalación de este tipo de cargadores suele rondar los 1000€ de coste, pero hay muchos fabricantes que incluyen el cargador en el precio de venta del vehículo.

### 7.5.2 Cargador público de alta potencia

Este tipo de cargadores suele encontrarse instalados en diferentes gasolineras, centros comerciales o garajes, y la diferencia principal es que suelen trabajar con corriente trifásica, alcanzando una potencia de carga mucho mas elevada. Actualmente los últimos instalados son capaces de alcanzar mas de **150 kW** de potencia.

El conector utilizado en este caso es el **Conector único combinado o CCS (IEC 62196-3)**, basado en la unión de un conector Tipo 2 junto con 2 bornes en la parte inferior para corriente continua.



Foto 13: Conector único combinado o CCS. Fuente: Iberdrola.es

La mayoría de las empresas energéticas han empezado a instalar estos puntos de recarga en las vías principales de acceso a las grandes ciudades, siendo la que mayor cantidad de puntos tiene Iberdrola, que a través de App Móvil permite localizar y reservar cualquier punto de recargar de su red.



Foto 14: Punto recarga eléctrica Iberdrola. Fuente: Iberdrola.es

Otro actor que está entrando en el mercado de los puntos de recarga es Repsol, que esta instalando diferentes puntos en sus gasolineras por todo el territorio nacional.



Foto 15: Punto recarga eléctrica Repsol. Fuente: Repsol.es

### 7.5.3 Aplicaciones móviles para recargar coches eléctricos

Actualmente existen varias compañías que ofrecen aplicaciones para localizar, reservar y pagar directamente la recarga eléctrica de los vehículos. Las más conocidas en el mercado nacional son:

- JuicePass, del proveedor EndesaX
- Wenea
- Recarga Pública Iberdrola
- Electro-EMT, de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid.
- Ionity

Aparte, también existe una gran plataforma de usuarios de vehículos eléctricos que a través del uso de foros en Internet han ido desarrollando un mapa con todos los puntos de recarga disponibles por todo el territorio nacional, <https://electromaps.com/es-ES>

En esta página web, podemos localizar mas de 240.000 puntos de carga públicos.

## 8.Comparativa económica y de viabilidad entre las alternativas analizadas

Tras la presentación de las diferentes alternativas vamos a analizar la viabilidad tanto económica como operativa, teniendo en cuenta solo los costes económicos del combustible, las distancias recorridas y las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas.

No se incluyen en este análisis los costes de adquisición de los vehículos dado que estos son muy variables, ya que se ven muy influenciados por la cantidad de vehículos que se matriculan, el historial del cliente con el fabricante, e incluso por motivos de marketing o promociones especiales.

Además, hay que tener en cuenta que cada vez se utilizan más vehículos operados bajo contratos de renting, ya que estos permiten mucha más flexibilidad al transportista teniendo en una sola cuota el uso del vehículo, el mantenimiento y desgaste, y el seguro, aparte de otras ventajas fiscales como la desgravación del IVA.

### **8.1 Comparativa económica en el coste del combustible (diesel vs GNC)**

Para poder analizar el coste económico del combustible vamos a empezar recordando las distancias medias a recorrer en cada una de las rutas.

Kms medios recorridos diarios				
R1 NOC	R2 NE	R3 SE	R4 S	R5 SO
88.3	83.2	95.5	101	122

Para poder sacar un análisis mucho más riguroso en cuanto a cifras, vamos a utilizar la distancia media diaria recorrida, y vamos a utilizar el precio del combustible anteriormente detallado en el capítulo

Sobre estos precios, y teniendo en cuenta el consumo de cada combustible de cada una de las alternativas obtenemos los siguientes costes por cada una de las rutas:

Modelo 2022						
Mes	Precio medio comb. (€/L)	Gasto medio mensual en combustible				
		R1 NOC	R2 NE	R3 SE	R4 S	R5 SO
jul-21	1,26 €	164,51 €	155,01 €	177,93 €	188,18 €	227,30 €
ago-21	1,27 €	164,65 €	155,14 €	178,07 €	188,33 €	227,48 €
sep-21	1,28 €	166,60 €	156,98 €	180,18 €	190,56 €	230,18 €
oct-21	1,36 €	160,33 €	151,07 €	173,40 €	183,39 €	221,52 €
nov-21	1,38 €	171,57 €	161,66 €	185,56 €	196,25 €	237,05 €
dic-21	1,35 €	151,41 €	142,67 €	163,76 €	173,19 €	209,20 €
ene-22	1,39 €	156,02 €	147,01 €	168,74 €	178,46 €	215,56 €
feb-22	1,47 €	174,05 €	164,00 €	188,24 €	199,09 €	240,48 €
mar-22	1,77 €	240,57 €	226,68 €	260,19 €	275,17 €	332,39 €
abr-22	1,83 €	227,48 €	214,34 €	246,03 €	260,20 €	314,30 €
may-22	1,88 €	233,57 €	220,08 €	252,61 €	267,16 €	322,71 €
jun-22	2,04 €	264,99 €	249,69 €	286,60 €	303,11 €	366,13 €
Total Periodo Analizado		2.275,75 €	2.144,31 €	2.461,32 €	2.603,07 €	3.144,30 €
Coste €/km Anual		0,10 €				

Comparando entre los modelos impulsados por combustible diésel, vemos una significativa bajada en el coste €/km gracias a que el consumo homologado de la versión del 2022 es bastante mas bajo que la del 2014.

Modelo GNC						
Mes	Precio medio comb. (€/Kg)	Gasto medio mensual en combustible				
		R1 NOC	R2 NE	R3 SE	R4 S	R5 SO
jul-21	0,88 €	246,76 €	232,51 €	266,88 €	282,25 €	340,94 €
ago-21	0,88 €	247,42 €	233,13 €	267,59 €	283,01 €	341,85 €
sep-21	0,89 €	248,92 €	234,54 €	269,21 €	284,72 €	343,92 €
oct-21	1,00 €	253,97 €	239,30 €	274,68 €	290,50 €	350,90 €
nov-21	1,07 €	285,45 €	268,96 €	308,72 €	326,50 €	394,39 €
dic-21	1,16 €	279,36 €	263,22 €	302,13 €	319,53 €	385,97 €
ene-22	1,81 €	436,40 €	411,19 €	471,98 €	499,16 €	602,95 €
feb-22	1,91 €	486,52 €	458,42 €	526,19 €	556,49 €	672,20 €
mar-22	1,85 €	540,09 €	508,90 €	584,13 €	617,77 €	746,22 €
abr-22	2,27 €	606,21 €	571,19 €	655,64 €	693,40 €	837,57 €
may-22	2,02 €	539,65 €	508,48 €	583,65 €	617,26 €	745,60 €
jun-22	1,89 €	528,09 €	497,59 €	571,15 €	604,04 €	729,63 €
Total Periodo Analizado		4.698,82 €	4.427,43 €	5.081,96 €	5.374,64 €	6.492,14 €
Coste €/km Anual		0,21 €				

Como se puede observar en la tabla, el modelo más económico en cuanto a combustible es la versión diésel ya que, gracias al bajo consumo del motor, se compensa frente al modelo de GNC, cuyo consumo es mucho mayor.

Para comparar de una manera rápida, se ha hecho el cálculo del coste por kilómetro recorrido de cada opción, donde vemos que el modelo impulsado por GNC es un 110% más caro que el diésel.

Añadir como nota que en esta comparativa no se ha incluido el coste del AdBlue necesario en la versión diésel, ni el coste de la gasolina recomendada para el arranque para la versión de GNC.

## **8.2 Comparativa medioambiental basada en las emisiones de CO<sub>2</sub> (diesel vs GNC)**

En cuanto a las emisiones contaminantes emitidas (CO<sub>2</sub>) obtenemos los siguientes datos expresados en Tm (Toneladas métricas).

Mes	Distancia media mensual total	Renault Máster Diesel	Fiar Ducato GNC
jul-21	10780	1,94	2,75
ago-21	10780	1,94	2,75
sep-21	10780	1,94	2,75
oct-21	9800	1,76	2,50
nov-21	10290	1,85	2,62
dic-21	9310	1,68	2,37
ene-22	9310	1,68	2,37
feb-22	9800	1,76	2,50
mar-22	11270	2,03	2,87
abr-22	10290	1,85	2,62
may-22	10290	1,85	2,62
jun-22	10780	1,94	2,75
<b>Total Periodo Analizado</b>		<b>22,23</b>	<b>31,49</b>

Como era de esperar, las emisiones de CO<sub>2</sub> de la versión diésel es menor que la de GNC, ya que estas emisiones están directamente ligadas al consumo de combustible, pero en el conjunto de emisiones que emite un vehículo, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, partículas,

los motores de GNC ganan por goleada, ya que su nivel de emisiones de NOx y partículas es muy inferior a los motores diésel, en parte por utilizar un combustible mucho más sencillo químicamente, y a que la combustión en el motor es mucho más limpia.

### ***8.3 Comparativa entre los vehículos de combustible fósil (diésel o GNC) y vehículos eléctricos***

Dado que a nivel técnico hemos visto que hay furgonetas eléctricas que tienen suficiente autonomía como para poder cumplir los requisitos de nuestras rutas, vamos a añadir una tercera comparativa de manera que se comparen los 2 vehículos de combustible fósil contra el modelo eléctrico de los fabricantes franceses Peugeot y Citroën.

La elección de este último modelo es que a nivel estructural la Fiat Ducato GNC, y la Peugeot e-Boxer/Citroën ë-Jumper son el mismo vehículo fabricado por la compañía Sevel (Società Europe Veicoli Leggeri S.p.A.), una Joint Venture formado al 50% por Fiat Group Automobiles y Groupe PSA, ambas ahora bajo el paraguas global de Stellantis.

En este caso, las 2 furgonetas eléctricas tienen un consumo homologado WLTP de **35,7 kWh/100Km** y unas emisiones de CO<sub>2</sub> de 0 g/km.

Está claro que, por la parte de las emisiones contaminantes, los modelos eléctricos ganan por goleada, y no tienen tecnología rival ahora mismo.

En cuanto al coste económico que tendríamos por utilizar una furgoneta eléctrica, vamos a suponer que no disponemos de un punto de recarga privado, y necesitamos utilizar un punto de recarga público, cuyo coste suele ser algo más elevado.

Comparando entre todas las alternativas que hemos visto anteriormente tenemos que el proveedor Repsol tiene una estación de carga, a escasos 13 kms del almacén APR, ya que los nuevos puntos de Iberdrola que se encuentran en el mismo polígono del almacén aún no están operativos.

El coste de recargar en la estación de Repsol es de 0,39 €/kWh de manera que tendríamos los siguientes costes:

Modelo Eléctrico						
Mes	Precio kW/h	Gasto medio mensual en recarga eléctrica				
		R1 NOC	R2 NE	R3 SE	R4 S	R5 SO
jul-21	0,39 €	270,47 €	254,85 €	292,52 €	309,37 €	373,69 €
ago-21	0,39 €	270,47 €	254,85 €	292,52 €	309,37 €	373,69 €
sep-21	0,39 €	270,47 €	254,85 €	292,52 €	309,37 €	373,69 €
oct-21	0,39 €	245,88 €	231,68 €	265,93 €	281,24 €	339,72 €
nov-21	0,39 €	258,17 €	243,26 €	279,23 €	295,31 €	356,71 €
dic-21	0,39 €	233,59 €	220,09 €	252,63 €	267,18 €	322,74 €
ene-22	0,39 €	233,59 €	220,09 €	252,63 €	267,18 €	322,74 €
feb-22	0,39 €	245,88 €	231,68 €	265,93 €	281,24 €	339,72 €
mar-22	0,39 €	282,76 €	266,43 €	305,82 €	323,43 €	390,68 €
abr-22	0,39 €	258,17 €	243,26 €	279,23 €	295,31 €	356,71 €
may-22	0,39 €	258,17 €	243,26 €	279,23 €	295,31 €	356,71 €
jun-22	0,39 €	270,47 €	254,85 €	292,52 €	309,37 €	373,69 €
<b>Total Periodo Analizado</b>		<b>3.098,09 €</b>	<b>2.919,15 €</b>	<b>3.350,71 €</b>	<b>3.543,68 €</b>	<b>4.280,49 €</b>
<b>Coste €/km Anual</b>		<b>0,14 €</b>				

Como podemos observar, el coste €/km es similar al actual con el modelo diésel de 2014, y en el caso de tener un cargador privado, el coste de la recarga sería incluso inferior ya que existen en el mercado tarifas especiales para recarga eléctrica en horario nocturno.

De manera resumida, en la siguiente tabla tendríamos los costes €/km de cada una de las tecnologías presentadas:

Modelo	km
Diesel 2022	0,10 €
GNC	0,21 €
Eléctrico	0,14 €

## 9. Resumen y elección final

Como se ha ido desarrollando a lo largo de este trabajo, la elección final en cuanto al modelo a elegir para sustituir la flota actual de vehículos que se utilizan para el reparto en el APR es muy complicada.

Los modelos de combustible GNC han logrado un gran desarrollo en los últimos años, aumentando su fiabilidad, prestaciones y economía. Esto ha provocado que muchas empresas de transporte empiecen a probar estos vehículos en sus flotas obteniendo unos grandes resultados, pese a la ligera diferencia en el precio de adquisición frente a vehículos diésel.

En cuanto a los modelos eléctricos, la 2ª generación de furgonetas eléctricas ha llegado a tener una autonomía mas que suficiente para repartos de última milla, lo que les permite competir directamente frente a los modelos de combustible fósil.

En esta comparativa, tanto el precio del combustible diésel como el GNC están en niveles récord, así como el precio de la electricidad debido a la invasión rusa sobre Ucrania, lo que ha provocado un encarecimiento general de la energía. Pese a ello, dado que la empresa Groupe CAT debe sustituir sus vehículos actuales de cara a Enero de 2023, la elección final por uno u otro sin tener en cuenta el coste de adquisición de estos sería:

**1º Opción: Peugeot e-Boxer / Citroën ë-Jumper**

**2º Opción: Renault Máster dCi 2022**

**3º Opción: Fiat Ducato GNC**

Los motivos principales para dicha elección son los siguientes:

- La diferencia de prestaciones dinámicas entre uno y otro modelo ya han desaparecido, y se puede realizar el trabajo sin ningún problema con cualquiera de las 3 opciones presentadas. En este sentido, un modelo con transmisión automática como es el caso de los vehículos eléctricos facilita la conducción tanto

en carretera como en ciudad, y sobre todo aumenta el confort de marcha al disminuir el cansancio del conductor.

- El coste económico por uso de los modelos de combustible diésel o eléctrico es muy similar, y el que tiene mas margen de mejora es el eléctrico, ya que existen opciones mas baratas de recarga, que harían bajar el coste de uso €/km.
- Respecto a las posibles restricciones de circulación debido a episodios de contaminación, el modelo eléctrico, gracias a la etiqueta 0, podría seguir operando sin ningún tipo de problema, mientras que el modelo diésel tendría que permanecer parado. En este sentido, el modelo de GNC, con etiqueta ECO también podría seguir trabajando sin restricciones.
- A nivel corporativo y de RSC, un vehículo eléctrico tiene mejor imagen de marketing, lo que podría ayudar a conseguir nuevos clientes que opten por repartos sin emisiones locales.
- El futuro a medio/largo plazo será para los vehículos eléctricos o 0 emisiones. En este sentido, invertir en una flota eléctrica ayudará a tener una mejor planificación de cara a futuro y sobre todo una mayor experiencia a la hora de planificar las rutas. También, ahora mismo existen diferentes ayudas por parte de las administraciones públicas, como el Plan Moves III, que no solo incluyen ayudas por la compra de los vehículos sino también a la instalación de cargadores rápidos.
- No se ha puesto en 2º lugar a los vehículos impulsados por GNC puesto que a pesar de sus ventajas a nivel medioambiental, la escasa red de gasineras y el alta consumo de combustible frente a los modelos diésel los hacen poco operativos.

## 10. Coste económico del TFM

El coste económico de la realización de este TFM es difícil de calcular, puesto que lo he ido realizando en diferentes momentos de tiempo libre.

El total de horas trabajadas más o menos se puede dividir de la siguiente manera:

- Análisis de la normativa medioambiental y homologación: **30 horas**
- Búsqueda de información sobre los vehículos y el repostaje: **30 horas**
- Análisis de los datos aportados por Groupe CAT y Renault: **50 horas**
- Análisis de las rutas de reparto y zonas de repostaje: **80 horas**
- Análisis de la normativa medioambiental y homologación: **40 horas**
- Redacción de informe de TFM: **35 horas**
- Revisión general del TFM, Anexos y Bibliografía: **10 horas**

Total de horas realizadas: Apróx **275 horas**

En cuanto a los equipos utilizados, el coste de estos ha sido de 600€, ya que el equipo informático utilizado se compró al inicio del curso académico.

Para calcular el coste económico de las horas trabajadas, podemos hacer una comparativa rápida frente al coste de una consultora de ingeniería con un perfil junior de 20€/hora.

Así, nos saldría un coste aproximado de:

- Consultor Junior: **5500€**
- Equipos Informáticos y licencias: **600€**
- Gastos de material, conexión a internet y llamadas: **100€**

Total coste económico: **6200€**

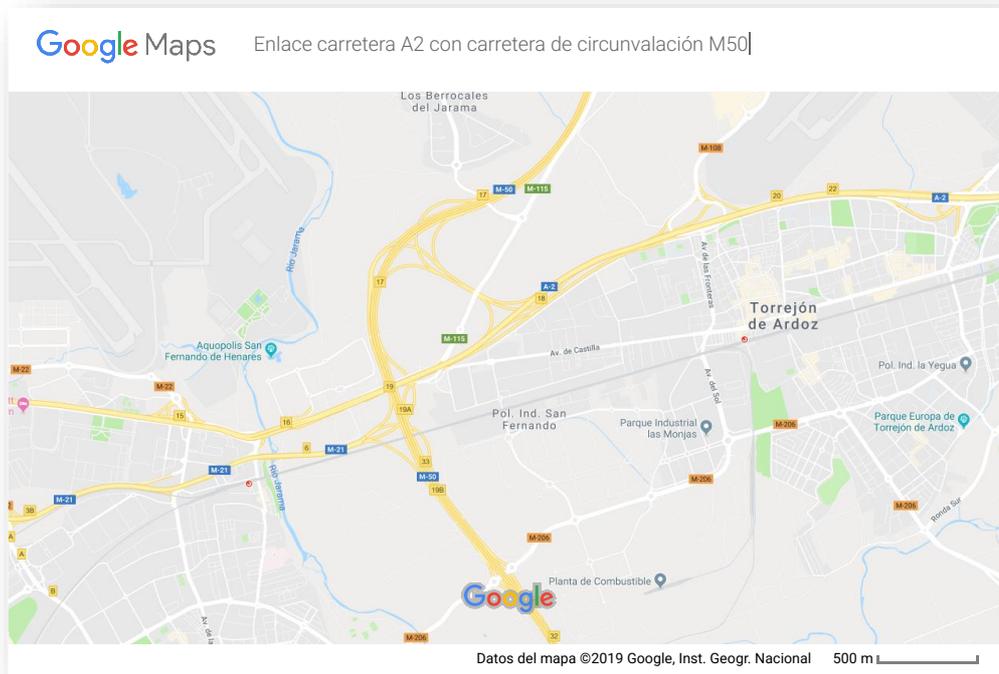
## 11. Bibliografía web

- Web 1: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente “Plan AIRE”:  
[https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/PLAN%20AIRE%202013-2016\\_tcm30-182392.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/PLAN%20AIRE%202013-2016_tcm30-182392.pdf)
- Web 2: Clasificación de vehículos en función de sus emisiones:  
[https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2016-3828](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2016-3828)
- Web 3: Precio del combustible diésel en España:  
<https://www.fomento.gob.es/transporte-terrestre/servicios-al-transportista/indice-de-variacionmensual-de-los-precios-medios-del-gasoleo-en-espana>
- Web 4: Repostar GNC/GNL en la Comunidad de Madrid  
<https://gasnam.es/terrestre/mapa-de-estaciones-de-gas-natural/>
- Web 5: Histórico de precios de combustibles en España  
<https://sedeaplicaciones.minetur.gob.es/shpCarburantes/vista/shp.aspx>
- Web 6: Información sobre nuevo ciclo de homologación WLTP  
<https://es.wikipedia.org/wiki/WLTP>
- Web 7: Comparativo entre ciclos de homologación  
<https://www.autobild.es/noticias/diferencias-wltp-nedc-todo-tienes-saber-503457>
- Web 8: Información sobre nuevo ciclo de homologación WLTP  
<https://www.peugeot.es/marca/politica-medioambiental/protocolo-wltp.html>
- Web 9: Información sobre Renault Master Z.E.  
<https://empresas.renault.es/electricos/master-electrico.html>
- Web 10: Información sobre Ford E-Transit  
<https://www.ford.es/furgonetas-pick-up/nueva-e-transit>

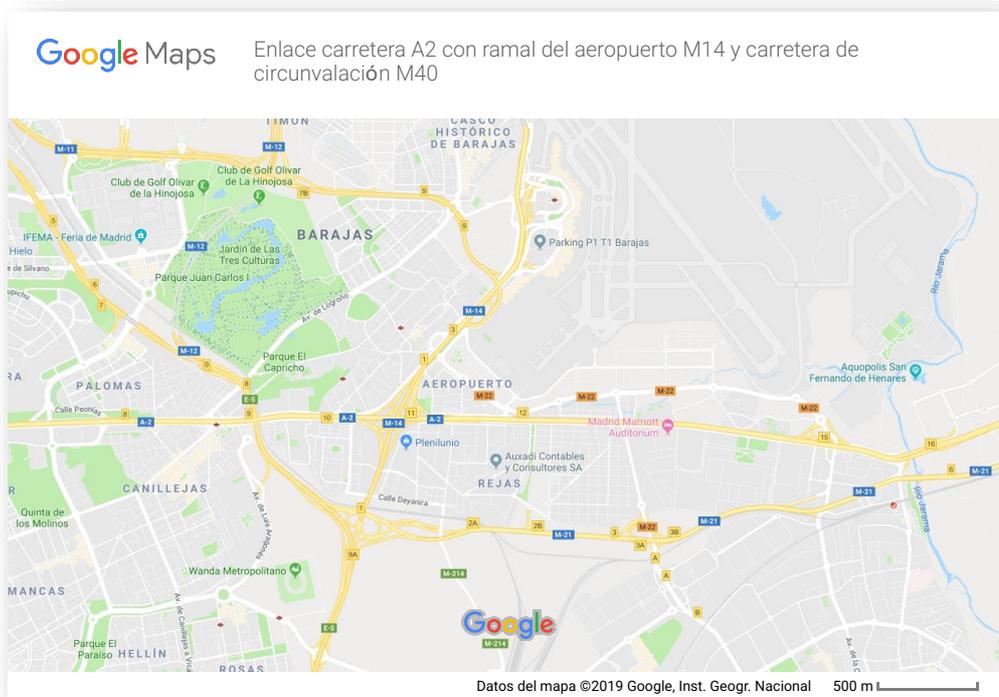
- Web 11: Información sobre Mercedes Benz eSprinter  
<https://www.mercedes-benz.es/vans/es/sprinter/e-sprinter-panel-van>
- Web 12: Información sobre Peugeot e-Boxer  
<https://empresas.peugeot.es/gama-profesional/boxer-furgon.html>
- Web 13: Información sobre Citroën ë-Jumper  
<https://profesionales.citroen.es/vehiculos-citroen/jumper-e-jumper.html>
- Web 14: Información sobre Citroën ë-Jumper  
[https://www.maxus-automotive.es/furgoneta-electrica-edeliver-9?utm\\_campaign=2022\\_always-on\\_Maxus\\_conversion\\_Maxus&utm\\_medium=search&utm\\_source=google&utm\\_term=text&gclid=Cj0KCQjw6\\_CYBhDjARIsABnuSzqy5S6yt84SPww31HGK1HnOh0Af4Jq9uwkp2HtaKu5sY3ShZxgugp4aApnyEALw\\_wcB](https://www.maxus-automotive.es/furgoneta-electrica-edeliver-9?utm_campaign=2022_always-on_Maxus_conversion_Maxus&utm_medium=search&utm_source=google&utm_term=text&gclid=Cj0KCQjw6_CYBhDjARIsABnuSzqy5S6yt84SPww31HGK1HnOh0Af4Jq9uwkp2HtaKu5sY3ShZxgugp4aApnyEALw_wcB)
- Web 15: Información sobre diferentes tipos de enchufes de coches eléctricos  
[https://noticias.coches.com/consejos/tipos-enchufes-coches-electricos/341066?gclid=CjwKCAjw9suYBhBIEiwA7iMhNECAGQkQkNbacXbwR5CkIIOg4zraziJbXBGxT9Qz6nY04kHskNdVgBoC5qYQAvD\\_BwE](https://noticias.coches.com/consejos/tipos-enchufes-coches-electricos/341066?gclid=CjwKCAjw9suYBhBIEiwA7iMhNECAGQkQkNbacXbwR5CkIIOg4zraziJbXBGxT9Qz6nY04kHskNdVgBoC5qYQAvD_BwE)
- Web 16: Protocolo de actuación para episodios de contaminación por dióxido de nitrógeno en el Ayuntamiento de Madrid. (BOCM 307 26/12/2018)  
[https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/CalidadAire/Portal/02\\_Actuaciones/02%20Ficheros/BOCM-20181226-75.PDF](https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/CalidadAire/Portal/02_Actuaciones/02%20Ficheros/BOCM-20181226-75.PDF)
- Web 17: Infografía sobre el protocolo por contaminación del Ayuntamiento de Madrid.  
[https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/CalidadAire/Portal/02\\_Actuaciones/ProtocoloNO2/ficheros/InfografiaProtocolofebrero22.png](https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/CalidadAire/Portal/02_Actuaciones/ProtocoloNO2/ficheros/InfografiaProtocolofebrero22.png)

# 12. Anexo

## 12.1 Plano de las zonas con retenciones habituales.

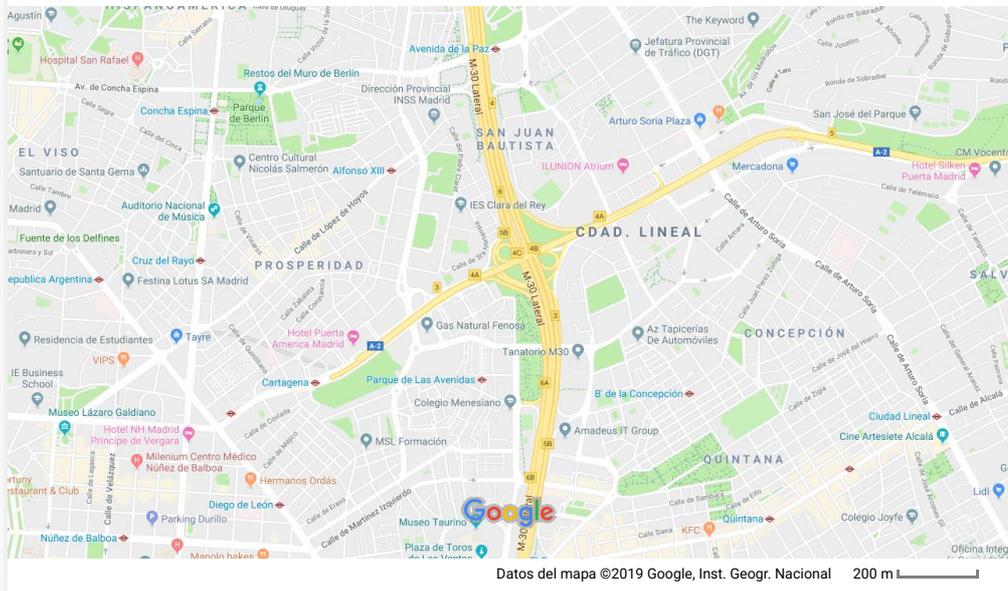


Plano 1: Enlace carretera A2 con carretera de circunvalación M50.



Plano 2: Enlace carretera A2 con ramal aeropuerto M14 y carretera de circunvalación M40.

Entrada a Madrid por la carretera A2 y su cruce con las calles de Arturo Soria, M30 y la calle de Francisco Silvela, a la altura de A vda. de América



Plano 3: Entrada a Madrid por la carretera A2, y su cruce con las calles de Arturo Soria, M30 y Francisco Silvela.