



Universidad  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Análisis de los factores que influyen en las emisiones de un vehículo industrial modular “DuoTrailer” en operaciones de transporte.

*Analysis of factors influencing emissions in a modular industrial vehicle “DuoTrailer” in transport operations.*

Autor

Blanca Sáenz Quílez

Director

Emilio Larrodé Pellicer

Escuela de Ingeniería y Arquitectura/ Universidad de Zaragoza

2020

## RESUMEN

Debido a la actual búsqueda de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y de la mejora de la eficiencia en el sector de los transportes y, sobre todo, en los vehículos dedicados al transporte de mercancías por carretera, se ha llevado a cabo un estudio que compruebe los factores que influyen en la generación de emisiones, junto con la demostración de la mejora en la eficiencia de vehículos modulares de mayores dimensiones frente a otro tipo de vehículos modulares.

También, se va a proceder al análisis de los diferentes métodos de cálculo de las emisiones de tres tipos de vehículo; tráiler, giga-tráiler y dúo-tráiler.

Se ha dividido el trabajo en tres partes:

En primer lugar, en el capítulo 4, se llevará a cabo el análisis de diferentes vías de estudio para el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>. Se compararán los valores obtenidos a partir de los datos proporcionados por AECOC con los obtenidos mediante la herramienta "EcoTransIT".

En el capítulo 5, se elaborará una recopilación de los datos obtenidos por el CANBUS del vehículo y se demostrarán y analizarán los factores que influyen en el consumo de combustible y, por tanto, en la emisión de gases nocivos para la atmósfera.

Además, en el capítulo 6, se realizará una comparación entre el valor de emisiones equivalentes a la circulación de dos vehículos tipo tráiler, cuya carga equivaldrá a la de un vehículo dúo-tráiler, con las propias de un vehículo dúo con esas características. Todo ello con el fin de comprobar la mejora en la eficiencia de estos vehículos y de demostrar los beneficios tanto económicos como en cuestión de reducción de emisiones que supone.

Para finalizar, se presentará una plantilla Excel que permita el cálculo de emisiones de cualquiera de los tres vehículos señalados anteriormente, por cualquiera de las vías de cálculo mediante las cuales se realizará el estudio. Esta plantilla será útil para cualquier trayecto deseado, conociendo la característica del terreno por el cual se circule y el valor de la carga transportada en cada vehículo.

# ÍNDICE

RESUMEN.....	0
ÍNDICE .....	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
1. Objeto, justificación y alcance .....	6
1.1 Objeto .....	6
1.2 Justificación .....	6
1.3 Alcance.....	6
2. Introducción.....	7
2.1 Situación del transporte. Europa y España.....	7
2.2 Tipos de vehículo .....	9
2.3 Emisiones de los transportes.....	9
2.4 Normativa .....	11
2.4.1 Normativa europea.....	11
2.4.2 Normativa española.....	12
3. Descripción del problema .....	13
3.1 Análisis de emisiones.....	13
3.2 Factores influyentes en el consumo .....	13
3.2.1 Recorrido .....	13
3.2.2 Características de la conducción .....	14
3.2.3 Carga .....	14
3.2.4 Vehículo .....	14
3.2.5 Tipo de combustible .....	15
4. Metodología .....	16
4.1 AECOC.....	17
4.1.1 Terreno montañoso.....	18
4.1.2 Terreno mixto .....	19
4.1.3 Consumo .....	21
4.2 EcotransIT .....	22
4.2.1 Herramienta.....	22
4.2.2 Cálculos.....	24
5. Análisis de datos .....	26
5.1 Tráiler.....	26
5.2 Giga-Tráiler .....	26

5.3 Dúo-Tráiler .....	26
5.4 Factores influyentes .....	27
5.4.1 Consumo instantáneo.....	28
5.4.2 Revoluciones del motor .....	28
5.4.3 Velocidad .....	29
5.4.4 Fuerza de empuje .....	30
6. Resultados .....	31
6.1 Tráiler.....	31
6.2 Giga-Tráiler .....	32
6.3 Dúo-Tráiler.....	33
6.4 Dúo-tráiler y tráiler .....	35
6.5 Calculadora .....	36
7. Conclusiones .....	37
8. Fuentes de información.....	39
ANEXO A .....	40
ANEXO B.....	42
ANEXO C.....	48
ANEXO D .....	56
ANEXO E.....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Comparación de los diferentes sistemas de transporte en Europa .....	7
Figura 2.2. Evolución del transporte internacional. Salidas y entradas de España .....	8
Figura 2.3: Representación de los vehículos estudiados .....	9
Figura 2.4: Evolución de las emisiones de GEI en PCG dependiendo del tipo de transporte	10
Figura 2.5: Evolución de las emisiones de GEI en PCG dependiendo del sector económico	10
Figura 2.6: Reducción de emisiones según normas EURO .....	12
Figura 4.1: Esquema de la metodología seguida para el cálculo de emisiones.....	16
Figura 4.2: Altitud de la ruta Azuqueca de Henares-Martorell .....	17
Figura 4.3: Altitud de la ruta Martorell-Azuqueca de Henares .....	17
Figura 4.4: Altitud de la ruta Azuqueca de Henares - Martorell por tramos.....	20
Figura 4.5: Altitud de la ruta Martorell - Azuqueca de Henares por tramos.....	21
Figura 4.6: Calculadora de EcoTransIT.....	22
Figura 4.7: Parámetros de cálculo EcoTransIT.....	22
Figura 4.8: Resultados EcoTransIT .....	24
Figura 4.9: Ejemplo de cálculo de emisiones.....	25
Figura 5.1: Comparación del consumo instantáneo entre dos trayectos .....	28
Figura 5.2: Comparación de las revoluciones del motor entre dos trayectos.....	29
Figura 5.3: Comparación de las velocidades entre dos trayectos .....	30
Figura 6.1: Gráfica comparativa de las emisiones de CO <sub>2</sub> según día y metodología en un vehículo tráiler .....	31
Figura 6.2: Comparación de emisiones según método utilizado en un vehículo tráiler .....	32
Figura 6.3: Gráfica comparativa de las emisiones de CO <sub>2</sub> según día y metodología en un vehículo giga-tráiler .....	32
Figura 6.4: Comparación de emisiones según método utilizado en un vehículo giga-tráiler	33
Figura 6.5: Gráfica comparativa de las emisiones de CO <sub>2</sub> según día y metodología en un vehículo dúo-tráiler .....	34
Figura 6.6: Comparación de emisiones según método utilizado en un vehículo dúo-tráiler	34
Figura 6.7: Gráfica comparativa de emisiones de los vehículos en estudio .....	35
Figura 6.8: Emisiones en toneladas equivalentes de CO <sub>2</sub> según vehículo para la ruta Azuqueca de Henares-Martorell .....	36



Figura 7.1: Comparación del valor de emisiones entre un vehículo dúo y el valor de emisiones de dos vehículos tráiler para la misma ruta y la misma carga –EcoTransIT- .....37

Figura 7.2: Diferencia en los resultados entre dos métodos –montañoso y EcoTransIT- ..... 38

Figura 7.3: Diferencia en los resultados entre dos métodos –mixto y EcoTransIT- ..... 38

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Factor de consumo de combustible según vehículo y terreno.....	18
Tabla 4.2: Emisiones de GEI en equivalente de CO <sub>2</sub> según combustible.....	19
Tabla 5.1: Emisiones de CO <sub>2</sub> en toneladas equivalentes con el vehículo tráiler. ....	26
Tabla 5.2: Emisiones de CO <sub>2</sub> en toneladas equivalentes con el vehículo giga-tráiler .....	26
Tabla 5.3: Emisiones de CO <sub>2</sub> en toneladas equivalentes con el vehículo dúo-tráiler.....	27
Tabla 6.1: Emisiones de CO <sub>2</sub> en toneladas con dos vehículos tráiler .....	35

# 1. Objeto, justificación y alcance

## 1.1 Objeto

El consumo y las emisiones de los vehículos dúo-tráiler se ve influenciado por determinados factores en operaciones de transporte. En este proyecto se van a analizar esos factores, focalizando el análisis en la dimensión del vehículo, y se va a determinar el grado de influencia que tienen sobre las emisiones nocivas a la atmósfera.

A partir del análisis de carga del vehículo, de los diferentes tipos de conducción, de la ruta y de las condiciones medioambientales se evaluará la viabilidad técnica, económica, operativa y medioambiental de los vehículos dúo-tráiler para el transporte logístico de mercancías por carretera.

En concreto, en este TFG se va a realizar el estudio de emisiones producidas por tres tipos diferentes de vehículos: tráiler, giga-tráiler y dúo-tráiler. Además, se analizará el resultado a partir de dos métodos; a partir de AECOC, con sus tres variantes –montañoso, mixto y a partir de los consumos reales-, y mediante la herramienta EcoTransIT. Estos métodos serán comparados.

## 1.2 Justificación

La preocupación por la reducción de las emisiones y del consumo de combustible en carretera es un tema de total actualidad.

Estudiar la viabilidad de operación de este tipo de vehículos es una tarea importante y necesaria. Al tratarse de un nuevo tipo de vehículo en estudio, se esperan resultados óptimos de reducción o limitación en las emisiones y el consumo.

## 1.3 Alcance

Tomando como referencia los datos de ruta de transporte desde Azuqueca de Henares hasta Martorell, obtenidos el mes de octubre de 2018, se va a recopilar una serie de datos informativos acerca de las características del vehículo dúo-tráiler.

Se analizarán días aleatorios cuya característica en común sea la dirección de la ruta, - Azuqueca-Martorell o Martorell-Azuqueca- y dentro de esa clasificación, se hará una selección según el valor de carga transportada.

Una vez realizado el estudio del consumo y, habiéndolo comparado entre los días de características semejantes, se dará paso al análisis de la influencia de los factores influyentes en las operaciones del transporte. En caso de haber alguna discordancia entre valores, se realizará un análisis de las condiciones de conducción: revoluciones del motor, velocidad e influencia de la carga en el recorrido.

Tras haber realizado el estudio y la comparación en los días cuyo consumo se vea afectado por alguna de las condiciones de conducción, se realizará el análisis de los mismos datos de consumo de un tráiler y de un vehículo giga-tráiler. Una vez calculadas las emisiones, se duplicará su valor para, de este modo, poder comparar las emisiones en ambos casos y comprobar la eficiencia del dúo frente a los otros dos analizados. Además, se compararán los diferentes procedimientos a partir de los cuales se ha realizado el cálculo de emisiones en la ruta. Se sacarán conclusiones que podrán guiarnos hacia posibles líneas de futuro de estudio.



## 2. Introducción

### 2.1 Situación del transporte. Europa y España.

Actualmente en Europa, el transporte de mercancías por carretera supone casi un 72% del transporte total – [Figura 2.1](#)-. Se estima que de aquí a 10-20 años, la actividad de este tipo de transporte se verá aumentada aproximadamente hasta un 82%. [1][2]

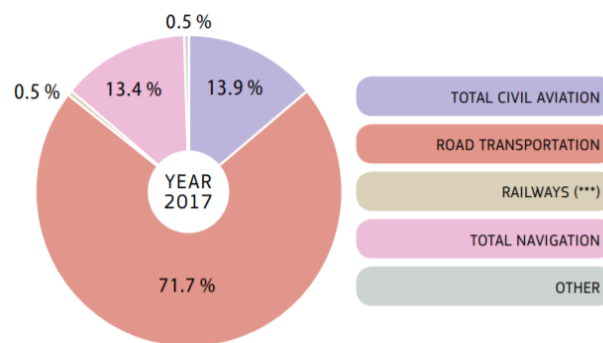


Figura 2.1: Comparación de los diferentes sistemas de transporte en Europa.  
Fuente: Statistical pocketbook. Comisión Europea. [9]

Debido al futuro aumento de la demanda de transporte terrestre, los vehículos tipo tráiler deben ser modificados tanto como para mejorar su eficiencia como para reducir el impacto ambiental que pueden originar. Se han estudiado varias mejoras como la limitación de las características de este tipo de vehículos, tratando de optimizarlos ajustando su capacidad -en toneladas- o volumen, o la utilización de nuevas tecnologías para reducir el consumo y del mismo modo, las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Una de estas soluciones son los EMS -European Modular Systems-. Estos sistemas, actualmente, apuestan por vehículos modulares de transporte con una capacidad máxima autorizada de 60 t de carga y 25.25 metros de longitud, siendo capaces de adaptarse flexiblemente a la situación requerida. Suecia y Finlandia fueron los primeros en utilizar estos sistemas, seguidos por Dinamarca, Bélgica, Países Bajos, Noruega, España, Portugal y Francia. Alemania solo permite el uso de estos sistemas en determinadas regiones de su territorio. [4]

Una nueva mejora de las características de este tipo de vehículo se encuentra en proceso de estudio. Se pretende autorizar la circulación de vehículos dedicados al transporte de mercancías cuya capacidad de carga sea de 10 t mayor que la de los anteriores. Es decir, un peso total máximo de 70 t y una longitud máxima de 32 m.

Entre las ventajas que nos ofrece este tipo de transporte, nos encontramos con la reducción de un consumo elevado de combustible, ya que los vehículos modulares necesitan un 10-15% menos de energía por tonelada transportada que un vehículo pesado convencional. [4] Además, en [5] se han estudiado y se ha calculado que estos vehículos se caracterizan por la reducción del valor de las emisiones. En concreto, las emisiones de CO<sub>2</sub> se ven reducidas un 11% por tonelada transportada junto con una reducción de un 14% de las emisiones de NO<sub>x</sub>.

No solo se mejora la eficiencia y se reducen las emisiones. También, se ha demostrado en [5] que se reducen los costes de transporte, llegando a estimarse el valor de esta reducción en un 40%.

Se han realizado estudios que afirman que, con tres configuraciones dúo, se puede cubrir la actividad de seis vehículos tráiler, ayudando a la disminución de emisiones y reduciendo gastos en operación y consumo. [7]

En España, el transporte internacional supone un 28% del peso total. [6] Debido a la situación geográfica del país, la forma más común de transporte es por vía marítima. En la [Figura 2.2](#) se muestran las gráficas de la evolución del transporte internacional -en miles de toneladas transportadas-, contando las entradas y salidas de carga. Se puede observar, como bien se ha explicado antes, que la forma más común de comunicación y transporte de mercancías es por mar, seguida por la de carretera. El transporte aéreo y ferrocarril no han sido comúnmente opciones de transporte.

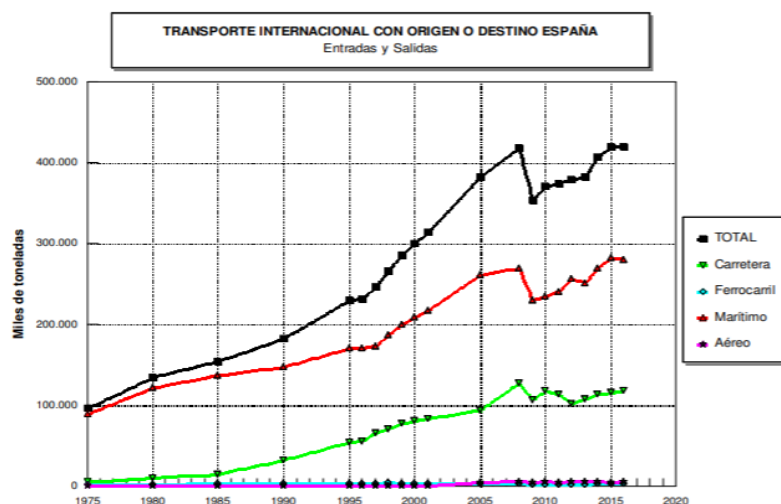


Figura 2.2. Evolución del transporte internacional. Salidas y entradas de España.

Fuente: Observatorio del transporte de mercancías por carretera. Oferta y demanda. Ministerio de Fomento. [6]

El tránsito de vehículos modulares de 60 toneladas de masa máxima autorizada –MMA- y 25,25 metros de longitud máxima autorizada –LMA- está permitido desde diciembre de 2015, cuando entró en vigor la [Orden PRE/2788/2015](#), de la cual se hablará en el apartado de normativa. Se espera una modificación de esta norma que incluya los vehículos modulares tipo dúo con MMA de 70 t y LMA de 32 m.

## 2.2 Tipos de vehículo

Actualmente nos encontramos con tres tipos diferentes de vehículos dedicados al transporte de mercancías por carretera: tráiler, giga-tráiler y dúo-tráiler, el cual se encuentra en estudio. Estos vehículos están clasificados según su Masa Máxima Autorizada –MMA- y su Longitud Máxima Autorizada –LMA-. Esta clasificación se representa en la [Figura 2.3](#).

<u>Tráiler</u>	<u>Giga</u>	<u>Dúo</u>
MMA: 40 t	MMA: 60 t	MMA: 70 t
LMA: 16,5 m	LMA: 25,25 m	LMA: 32 m
		

Figura 2.3: Representación de los vehículos estudiados.

Fuente: Desafíos y posibilidades de los Sistemas Euromodulares en Europa para el transporte de mercancías por carretera. Emilio Larrodé. [3]

Se puede comprobar que, en cuestión de dimensiones, un vehículo dúo equivale a dos vehículos tipo tráiler, mientras que las dimensiones del giga se encuentran en un punto intermedio entre estos dos.

## 2.3 Emisiones de los transportes

El sector de los transportes es uno de los más perjudiciales en cuanto a emisiones de gases efecto invernadero -GEI-. Sus emisiones suponen un 24% del total del CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera. Un 17% de esas emisiones son debidas al transporte por carretera mientras que, el 7% restante, lo ocupan las emisiones debidas a los demás tipos de transporte. [8]

El impacto total de este servicio incluye varios factores que afectan al cambio climático, como por ejemplo, las posibles fugas de refrigerante. En caso de que hubiera fugas de refrigerante en los aparatos de refrigeración del vehículo, se emitirían HFCs –Hidrofluorocarbonos-, los cuales poseen un elevado nivel de Potencial de Calentamiento Global –PCG-, también conocido como GWP –Global Warming Potential-, un indicador del efecto de un refrigerante sobre el efecto invernadero en comparación con los datos de efecto invernadero del CO<sub>2</sub>.

En la Figura 2.4 se muestra la comparativa de emisiones – en valor de PCG- de los diferentes tipos de transporte a lo largo del tiempo. El más significativo es el aéreo, seguido por el marítimo y, en tercer lugar, se encuentra el de carretera, con unas emisiones por debajo de la media total de todos ellos.

Cabe destacar la similitud entre la evolución de emisiones total del sector de los transportes y la específica del transporte por carretera a lo largo de los años. Todos los sectores económicos han ido reduciendo el valor de sus emisiones a lo largo de los años. En cambio, el transporte en su totalidad y en comparación con los demás sectores, tiene un elevado impacto que se ve incrementado hasta 2008, cuando la crisis económica llegó a Europa y el uso del transporte se vio perjudicado, causando una reducción en el valor de sus emisiones – [Figura 2.5](#)-.

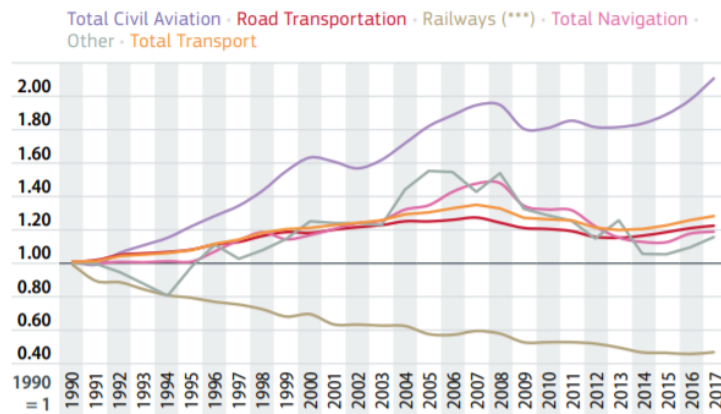


Figura 2.4: Evolución de las emisiones de GEI en PCG dependiendo del tipo de transporte.  
Fuente: Statistical pocketbook. Comisión Europea. [9]

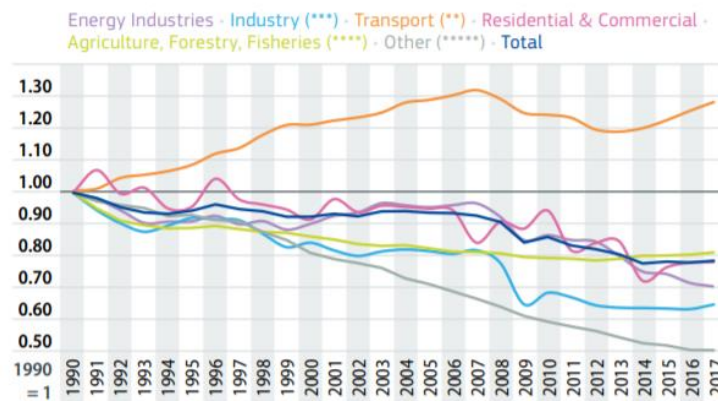


Figura 2.5: Evolución de las emisiones de GEI en PCG dependiendo del sector económico.  
Fuente: Statistical pocketbook. Comisión Europea. [9]

Debido a la preocupación Europea sobre el Calentamiento Global, se han llegado a varios acuerdos para cumplir con lo adscrito en la COP21 con el fin de limitar a 2°C el aumento de temperatura global. Uno de ellos se basa en la reducción de las emisiones de GEI, establecido por la “Hoja de ruta hacia una economía baja en carbono competitiva en 2050”. En este acuerdo se establece una reducción de emisiones en el sector de transportes del 60% para 2050, es decir, contribuir en un 80% de reducción de emisiones comparado con 1990. [8]

A partir de ese objetivo, se han establecido diferentes normativas que limitan las emisiones de los GEI. Por ejemplo, en Europa, para camiones, se han acordado las [normas EURO](#), explicadas en el apartado “Normativa”.

## 2.4 Normativa

### 2.4.1 Normativa europea

Directiva 2005/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de septiembre de 2005.

Por la que se modifica la Directiva 88/77/CEE del Consejo, de 3 de diciembre de 1997. En ella se establecen unas regulaciones de emisiones de partículas contaminantes para aquellos vehículos equipados con motores de encendido por chispa de gas natural o gas licuado de petróleo. [10]

Directiva 2015/719 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2015.

Por la que se modifica la Directiva 96/53/CE del Consejo. Establece los pesos y dimensiones máximas autorizadas para transporte tanto nacional como internacional para determinados vehículos. [11]

Normas EURO.

Normas definidas por diferentes directivas que regulan los límites de emisiones de vehículos nuevos. Existen la EURO I, EURO II, EURO III, EURO IV, EURO V y, hasta la fecha, conocemos la EURO VI a partir de la cual la norma no va a estar impuesta por una directiva, si no que será un Reglamento el que se ocupe de la imposición de la norma. [12]

Las diferentes Directivas/Reglamentos por los que se rige cada una de estas normas son:

- |  |   |   |
|--|---|---|
| • EURO I: Directiva 91/542/CE. 1992.   | } | Motores de camión y autobuses urbanos –voluntario-.   |
| • EURO II: Directiva 91/542/CE. 1996.  |   |   |
| • EURO III: Directiva 1999/96/CE.2000. | } | Mayores restricciones voluntarias para vehículos de muy bajas emisiones.  |
| • EURO IV: Directiva 2005/55/CE. 2005. |   |   |
| • EURO V: Directiva 2005/55/CE. 2008.  | } | Nuevos límites de emisión fijados por Directiva 1999/96/CE.   |
| • EURO VI: Reglamento 595/2009. 2013   |   |   |
|  | } | Limitación de las emisiones incluso con ayuda de AdBlue en motores diésel. Futuros impuestos según capacidad contaminante del vehículo. |

La [Figura 2.6](#) muestra una gráfica representativa de la reducción de emisiones que cada una de las normas EURO implica, viéndose reducidas cuanto más actual es la norma.

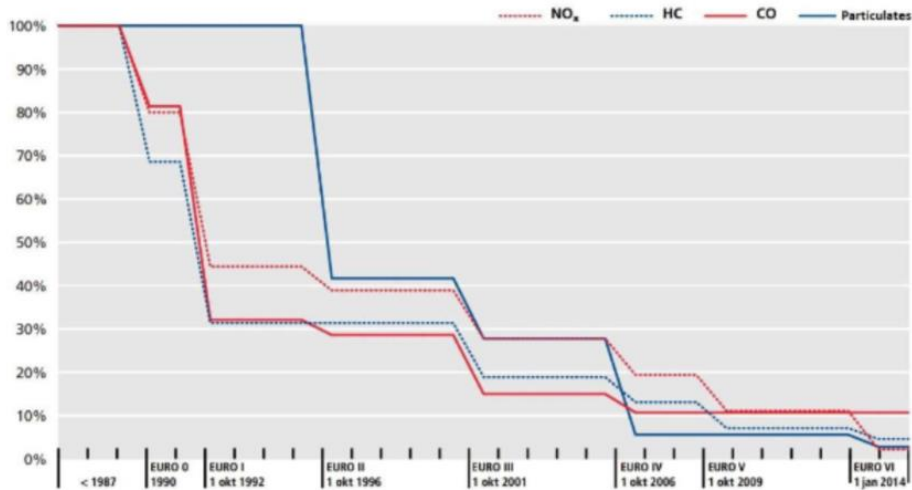


Figura 2.6: Reducción de emisiones según normas EURO.

Fuente: Desafíos y posibilidades de los Sistemas Euromodulares en Europa para el transporte de mercancías por carretera. Emilio Larrodé. [3]

## 2.4.2 Normativa española

### Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres (LOTT)

En ella se establecen una serie de normas para todo tipo de vehículo terrestre, incluido el ferroviario con el fin de regular el transporte de mercancías. Su última actualización fue aprobada el pasado 4 de julio de 2013 por la Ley 9/2013, tras haber realizado una revisión del Reglamento aprobado por el Real Decreto 1211/1990, de 28 de septiembre. [13]

### Orden PRE/2788/2015

Esta orden modifica el ANEXO IX del Reglamento General de Vehículos, aprobado por el RD 2822/1998. En ese anexo, se añade el punto 1.23 por el cual se define el concepto de vehículo modular, limitando la longitud y la carga máxima autorizada a vehículos de más de seis líneas de ejes.[14]

### 3. Descripción del problema

#### 3.1 Análisis de emisiones

Existen diferentes medios a partir de los cuales se puede realizar un cálculo, a priori con exactitud, de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en un trayecto conocido.

AECOC, Asociación Española de Codificación Comercial, en su “Guía de cálculo de la huella de carbono del transporte de mercancías por carretera -2017-” [8] ofrece unos parámetros a partir de los cuales, con la trayectoria y el tipo de vehículo, se puede calcular el consumo aproximado del vehículo y las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmósfera en ese determinado recorrido. Los factores mayormente dependerán del tipo de vehículo, combustible utilizado y de la ruta que, en caso de ser montañosa, tendrá un factor diferente que en caso de ser un tramo llano. Para saber si la ruta es llana o montañosa nos tendremos que guiar por la altitud de la ruta, tomando como tramo montañoso aquel que tenga pendientes de aproximadamente el 2% o más. [8]

Otra de las opciones para el cálculo de las toneladas emitidas es a partir de un portal llamado EcoTransIT. EcoTransIT permite al usuario calcular las emisiones del vehículo, en un tramo de carretera perteneciente a una base de datos del programa, con una determinada carga, desde el pozo a las ruedas, dividiendo el consumo en dos; Del pozo al tanque y del tanque a las ruedas, o en otras palabras, calcula las emisiones totales, distinguiendo entre las emitidas en el proceso de extracción del combustible y transporte de este hasta el vehículo de las emitidas en el proceso de transporte de mercancías en ruta.

Es un método a la vista más preciso. Al pertenecer el recorrido dado a una base de datos, los factores que dependen de si el tramo es montañoso o llano son más precisos y no se requieren cálculos de la pendiente del tramo que lleven a posibles fallos.

Estos dos métodos van a ser comparados a partir de datos experimentales. Se va a realizar el análisis para tres tipos de vehículo –tráiler, giga-tráiler y dúo-tráiler- con el fin de ser comparados entre ellos para comprobar la eficiencia de cada uno de ellos y, sobre todo, del dúo.

Se va a elaborar una estimación de las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por un mismo vehículo, el mismo día y con la misma ruta a partir de los dos procedimientos explicados anteriormente. Se analizará la exactitud de cada uno de los métodos tratando de, si hay diferencia en los datos obtenidos, llegar a una conclusión sobre los resultados, analizando los factores que pueden afectar a cada uno.

#### 3.2 Factores influyentes en el consumo

Teniendo en cuenta el elevado porcentaje que suponen las emisiones producidas por el sector transportes, es necesaria la realización de un estudio que compruebe la disminución de estas en los nuevos vehículos.

También, hay que tener en cuenta todos los factores que influyen en ese trayecto. Situaciones como un día lluvioso o una mala conducción, entre muchos otros, hacen que el consumo de combustible se vea incrementado y, por lo tanto, las emisiones de GEI.

##### 3.2.1 Recorrido

La ruta escogida, el tramo de carretera por la que se circule e incluso la dirección de trayectoria son factores que contribuyen a la variación del valor del consumo de combustible.

La diferencia de altitudes del territorio por el cual se esté circulando, sobre todo en la península, ejerce un alto impacto en el nivel de esa variación. Una ruta con una pendiente elevada causará mayores consumos que una ruta de terreno llano, por ejemplo.

Se va a hacer un análisis de la trayectoria, con la ayuda de los datos obtenidos, a partir del cual se va a proceder a la comparación de los tramos de ida y de vuelta en un mismo recorrido.

### 3.2.2 Características de la conducción

Una conducción suave, sin acelerones repentinos ni cambios bruscos supondrá un valor más reducido de consumo que una conducción más agresiva. El motor debe soportar los menores esfuerzos posibles, es decir, las revoluciones a las que va deben ser similares o, en caso de verse aceleradas o deceleradas, sufrir cambios leves.

Si las condiciones climatológicas no son las adecuadas, el consumo se ve afectado debido a los cambios en la conducción. Por ejemplo, en caso de fuertes vientos, la fuerza de empuje a realizar por el vehículo debe ser mayor en el caso de ir en contra de la dirección del viento. Del mismo modo, pueden ser favorecedoras para el consumo. En el caso anterior, si el viento sopla en la dirección del vehículo, la fuerza de empuje realizada debe ser menor ya que se ve ayudada por el viento.

La velocidad que lleva el vehículo también es un factor influyente en las características de la conducción. Cuanto mayor sea la velocidad, mayor consumo tendrá el vehículo y por lo tanto, mayores serán las emisiones.

### 3.2.3 Carga

La carga transportada junto con la tara del vehículo contribuyen en fuerte medida al aumento de la fuerza necesaria para el avance. En tramos llanos y montañosos de subida, el esfuerzo generado debe ser mayor para cargas mayores. En cambio, en los tramos montañosos de bajada, el aumento de carga supone una resistencia menor al avance. Es decir, el consumo se ve alterado con la variación de carga.

Se van a evaluar los valores de consumo a partir de la selección de diferentes tipos de carga para los tramos de ida y de vuelta de la ruta dada. Una vez analizados, se evaluará la importancia del factor “carga” en la variación del consumo del vehículo.

### 3.2.4 Vehículo

El tipo de vehículo con el cual estemos realizando el transporte de mercancías también tiene fuerte dependencia en el cálculo de emisiones. Existen actualmente tres tipos de vehículos dedicados al transporte de mercancías, el vehículo tráiler, el giga-tráiler y el dúo-tráiler, los tres con características de longitud y carga máxima autorizadas diferentes, señaladas en el apartado [“Introducción-Tipos de vehículo”](#).

No solo hay que tener en cuenta las características de MMA y LMA. El vehículo también dependerá de forma individual del año de lanzamiento -según ese año tendrá una característica EURO determinada- y del tipo de combustible que requiera. Dependiendo de estos factores, se realizarán los cálculos de emisiones con valores diferentes de los factores necesarios.



### 3.2.5 Tipo de combustible

Uno de los factores influyentes en el cálculo de emisiones es el tipo de combustible. No todos los vehículos utilizan el mismo. Cada vehículo, en concreto, cada motor, necesita un tipo de combustible para su circulación. Dependiendo del tipo de combustible y los litros consumidos, el valor de las emisiones variará.

Con estos factores conocidos en cada caso, se procederá al cálculo de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmósfera. Se estudiarán las diferentes formas de análisis y se llegarán a conclusiones sobre la metodología aplicada.

## 4. Metodología

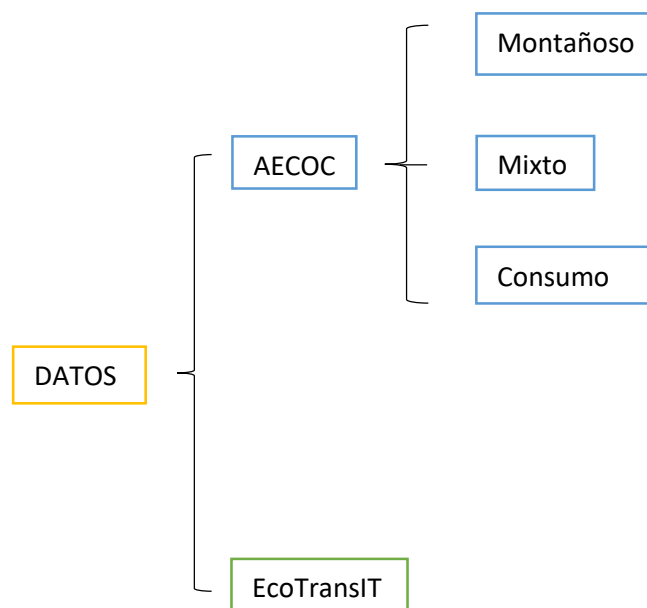


Figura 4.1: Esquema de la metodología seguida para el cálculo de emisiones.  
Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de poder establecer una relación entre los métodos definidos, se ha realizado paso a paso el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera siguiendo las pautas establecidas por AECOC y EcoTransIT. En la [Figura 4.1](#), se muestra un esquema del procedimiento empleado para el cálculo de las emisiones.

AECOC en su “Guía de cálculo de la huella de carbono del transporte de mercancías por carretera” [8] ofrece una serie de factores de emisiones dependientes de los anteriormente mencionados en [“Factores influyentes”](#). Estos factores determinados en la guía de AECOC, permiten realizar los cálculos de diversas formas, en este caso, se ha tenido en cuenta un terreno montañoso en su totalidad, un terreno mixto, con zonas llanas y montañosas y para finalizar, se ha realizado el cálculo de las emisiones a partir del dato de consumo de combustible total en litros.

En el caso de EcoTransIT, al ser una calculadora la cual dispone de una base de datos, no hay opción de realizar diferentes cálculos ya que el programa por sí solo, realiza un cálculo exacto del tipo de terreno, tanto montañoso como llano, de la ruta indicada. A partir de la introducción de los datos requeridos, se cuantifica informáticamente el valor de las toneladas emitidas -junto con otros datos de interés que, en este caso, no son relevantes-.

Una vez realizados ambos métodos, se compararán con el fin de llegar a conclusiones de cálculo.

## 4.1 AECOC

AECOC es la “Asociación Española de Codificación Comercial”, asociación que trata de mejorar el sector de los transportes en España.

A partir de datos previamente recopilados y ponderados, AECOC ofrece factores de equivalencias para cada tipo de vehículo, combustible y terreno con los cuales se esté realizando el cálculo de emisiones. Gracias a ese manual, se ha podido cuantificar el valor de las toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> en unas determinadas condiciones.

Como se indica en la [Figura 4.1](#), se ha realizado el cálculo a partir de tres procedimientos diferentes; teniendo en cuenta un terreno montañoso, teniendo en cuenta un terreno mixto – montañoso y llano- y a partir del consumo de combustible, conocido.

Previamente al análisis de las emisiones, se ha procedido a calcular el valor de la altitud de la ruta tanto de ida como de vuelta del trayecto Azuqueca de Henares-Martorell a partir del valor de altitud en cada kilómetro de recorrido medido por el CAMBUS del vehículo. De esta forma, se ha representado la ruta de Azuqueca de Henares-Martorell, la cual podemos encontrar nombrada como de Teknia a Seat– [Figura 4.2](#)- y la de Martorell-Azuqueca de Henares, de Seat a Teknia –[Figura 4.3](#)-.



Figura 4.2: Altitud de la ruta Azuqueca de Henares-Martorell.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.3: Altitud de la ruta Martorell-Azuqueca de Henares.  
Fuente: Elaboración propia.

Una vez elaborada la gráfica, se procede al cálculo de las emisiones a partir de los diferentes procedimientos:

#### 4.1.1 Terreno montañoso

Debido a la inexactitud y la falta de conocimiento fiable de los datos de la ruta, se ha tenido en cuenta un terreno montañoso en su totalidad. Es conocido que no todo el trayecto realizado es de montaña. El cálculo a partir de este método ofrece un conocimiento sobre el valor máximo de emisiones que un vehículo puede emitir en un trayecto.

Gracias a la Tabla 8 incluida en el Anexo 4 del manual ofrecido por AECOC [8], se ha obtenido el factor correspondiente al equivalente en consumo específico de combustible del vehículo en litros por tonelada y kilómetro recorrido –[Tabla 4.1](#)-. Tabla incluida en el [ANEXO A](#).

Tabla 4.1: Factor de consumo de combustible según vehículo y terreno.  
Fuente: AECOC. [8]

Tipo de camión	Montañoso		Llano	
	Mercancías a granel	Resto de mercancías	Mercancías a granel	Resto de mercancías
<b>Transporte de mercancías</b>				
<b>- litros de diésel por t-km -</b>				
Furgoneta Clase I : <1,3 t MMA	0,145	0,231	0,145	0,231
Furgoneta Clase II: 1,3 – 1,74 t MMA	0,149	0,237	0,149	0,237
Furgoneta Clase III: 1,74 – 3,5 t MMA	0,132	0,211	0,132	0,211
Camión de < 7,5 t MMA	0,063	0,099	0,062	0,098
Camión de 7,5-12 t MMA	0,050	0,077	0,048	0,075
Camión de 12-24 t MMA	0,029	0,045	0,027	0,042
Camión articulado 24-40 t MMA1)	0,020	0,028	0,016	0,024
<b>Transporte de contenedores</b>				
<b>- litros de diésel por TEU-km -</b>				
Camión de 12-24 t MMA	x	0,26	x	0,24
Camión articulado 24-40 t MMA1)	0,35	0,19	0,30	0,16
1) Incluidos los trenes de carretera. x) El transporte en contenedor para este peso de contenedor no es de aplicación. <b>Fuentes:</b> HBEFA 3.1; TREMOD 2010; Guía CLECAT; DEFRA; cálculos propios. Nota: la presente tabla solo es de aplicación para el Patrón C.3: “Origen y destino. Cálculo por tipo de mercancía”. En esta tabla, se desglosan los consumos de combustible por toneladas-kilómetro recorrido en carga, estimadas para cada vehículo a partir de los datos de las Tablas 6 y 7.				

Dado que, a pesar de ser un documento actualizado, en la tabla no existen valores para los vehículos tipo giga ni tipo dúo, se van a realizar las estimaciones a partir de los datos ofrecidos para un camión articulado de 24-40 t MMA es decir, de un tráiler.

En este proceso del cálculo, solo interesa el factor de consumo para un terreno montañoso. Ya que se va a realizar el análisis de mercancías por peso, se escogerá la columna propia de las mercancías a granel.

Este factor tiene un valor determinado dependiendo del tipo de vehículo con el que se esté haciendo el análisis, en este caso es de 0,02 –litros de diésel por t-km-. Se multiplicará ese valor por el total de masa real del vehículo, es decir, junto con la carga, se incluirá el valor de la tara del vehículo, que varía según el modelo, siendo 15,9 t para un vehículo tráiler, 23 t para un vehículo giga y 26,2 t para un dúo. Además, se multiplicará por los kilómetros recorridos en la ruta, 555 km concretamente.

Conocido el valor teórico de los litros de combustible consumidos en el trayecto y consultando la tabla 9 del Anexo 4 del manual de AECOC –[Tabla 4.2](#)-, se puede dar por conocido el valor de las emisiones de gases de efecto invernadero, en concreto de CO<sub>2</sub> equivalente, del recorrido en su totalidad. Este valor se calcula multiplicando los litros obtenidos con la [Tabla 4.1](#) por el factor de emisiones obtenido a partir de la [Tabla 4.2](#). Tabla incluida en el [ANEXO A](#).

Ya que en el análisis que se va a llevar a cabo en este estudio va a ser sobre vehículos cuyo combustible es diésel, se va a buscar el valor del factor equivalente del tanque a las ruedas. En este caso, el valor es 2,67 –kg eCO<sub>2</sub>e/l consumido-.

Tabla 4.2: Emisiones de GEI en equivalente de CO<sub>2</sub> según combustible.  
Fuente: AECOC [8]

Combustible empleado	Consumo de energía normalizado				Emisiones de gases de efecto invernadero (calculadas como equivalentes de CO <sub>2</sub> )			
	Del tanque a las ruedas (eT)		Del pozo a las ruedas (eW)		Del tanque a las ruedas (gT)		Del pozo a las ruedas (gW)	
	MJ/kg	MJ/l	MJ/kg	MJ/l	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg eCO <sub>2</sub> e/l	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg eCO <sub>2</sub> e/l
Gasolina	43,2	32,2	50,5	37,7	3,25	2,42	3,86	2,88
Etanol	26,8	21,3	65,7	52,1	0,00	0,00	1,56	1,24
Gasolina E5 (5 % vol. etanol)	42,4	31,7	51,4	38,4	3,08	2,30	3,74	2,80
Gasolina E10 (10 % vol. etanol)	41,5	31,1	52,2	39,1	2,90	2,18	3,62	2,72
Diésel	43,1	35,9	51,3	42,7	3,21	2,67	3,90	3,24
Biodiésel	36,8	32,8	76,9	68,5	0,00	0,00	2,16	1,92
Diésel D5 (5 % vol. biocombustible)	42,8	35,7	52,7	44,0	3,04	2,54	3,80	3,17
Diésel D7 (7 % vol. biocombustible)	42,7	35,7	53,2	44,5	2,97	2,48	3,76	3,15
Gas Natural Comprimido	45,1	7,89*	50,5	8,84*	2,68	0,469*	3,07	0,537*
Gas Natural Licuado	45,1	20,4*	50,5	22,9*	2,68	1,21*	3,07	1,39*
Gas Licuado de Petróleo	46,0	25,3	51,5	28,3	3,10	1,70	3,46	1,90

**Fuente:** Norma EN 16258.  
**Notas:** (\*) cálculo realizado de acuerdo a la densidad de este tipo de combustible según las bases de datos de DEFRA.  
 A efectos del cálculo de huella corporativa, se considerará lo siguiente:  
 · El consumo energético directo (eD) es el consumo energético del tanque a la rueda (eT), mientras que el consumo energético indirecto (eI) es la diferencia entre el consumo energético del pozo a la rueda (eW) y el del tanque a la rueda (eT).  

$$e\_D=e\_T; e\_I=e\_W-e\_T$$
 · Las emisiones de GEI directas (gD) son las emisiones de GEI del pozo al tanque (gT), mientras que las emisiones de GEI indirectas (gI) son la diferencia entre las emisiones de GEI del pozo a la rueda (gW) y del tanque a la rueda (gT).  

$$g\_D=g\_T; g\_I=g\_W-g\_T$$

#### 4.1.2 Terreno mixto

Como se puede observar en la [Figura 4.2](#) y en la [Figura 4.3](#), existe una variación de altitud en el trayecto y por tanto, una variación de la característica del terreno. Es difícil a primera vista calcular que parte de la trayectoria se realiza en tramos llanos o en montañosos. A pesar de ello, se ha realizado una estimación aproximada y se ha dividido la ruta en tramos.

*Ruta Azuqueca de Henares - Martorell*



Figura 4.4: Altitud de la ruta Azuqueca de Henares - Martorell por tramos.  
Fuente: Elaboración propia.

El primer tramo, de 0 a 100 km, junto con el tercero, de 400 a 555 km, se han considerado terrenos montañosos ya que en ellos es la característica predominante. En cambio, en el tramo intermedio, de 100 a 400 km, se ha considerado un terreno llano, es decir, de bajada. –[Figura 4.4](#)–.

Al igual que en el caso de terreno montañoso en su totalidad, se busca en la [Tabla 4.1](#) el factor de consumo en litros por tonelada y kilómetros según el tipo de terreno por el cual se haya circulado. Para el caso de terreno montañoso ya se conoce el valor, 0,02 litros de diésel por t-km- y para el caso de terreno llano se obtiene un valor de 0,016 - litros de diésel por t-km-.

Siguiendo los mismos pasos para el cálculo de las emisiones que en el caso en el que únicamente se considera un terreno de característica de montaña, se multiplican los kilómetros recorridos en cada tramo por la masa del vehículo y por el factor indicado según el tipo de terreno. En esta ruta, se multiplicará el factor de terreno llano por los kilómetros recorridos en los tramos 1 y 3, es decir, 255 km. En el caso del tramo intermedio -montañoso-, se multiplicará el factor de esa característica por 300 km.

Una vez calculados los litros de cada tramo, se suman para obtener el total de litros de diésel consumidos. Conocido ese valor, se multiplica por el factor de emisiones de kg de CO<sub>2</sub> de la [Tabla 4.2](#) –teniendo en cuenta que el combustible es diésel y que nos interesa el dato del tanque a las ruedas-, obteniendo el valor de las emisiones de CO<sub>2</sub> de forma más aproximada y precisa.

### Ruta Martorell - Azuqueca de Henares

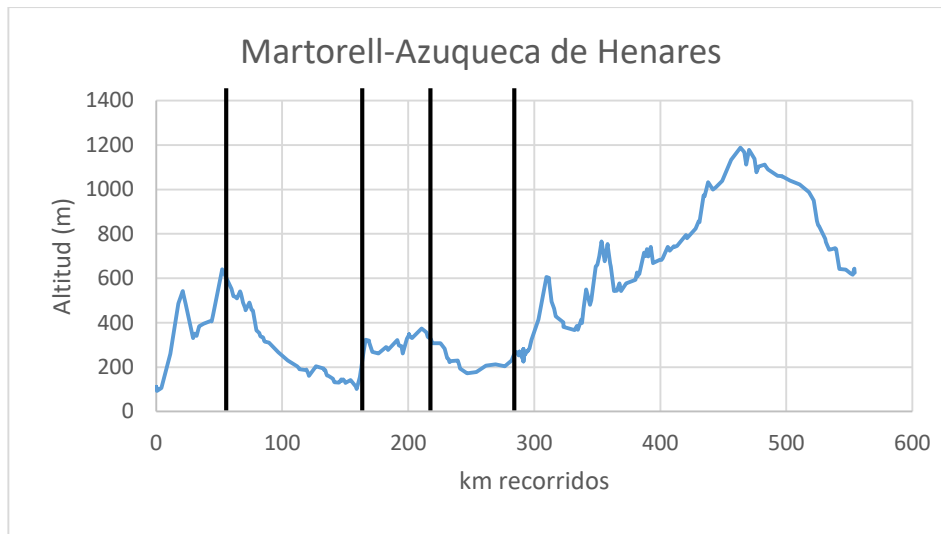


Figura 4.5: Altitud de la ruta Martorell - Azuqueca de Henares por tramos.  
Fuente: Elaboración propia.

En este caso, de Martorell a Azuqueca de Henares, se ha dividido la ruta en cinco tramos – [Figura 4.5-](#).

El primero -de 0 a 60 km-, el tercero –de 160 a 210 km- y el quinto- de 290 a 555 km- son tramos de montaña a los cuales, según la [Tabla 4.1](#), les corresponde un valor de 0,02 litros de diésel por tonelada y kilómetro recorrido. En cambio, los tramos segundo – de 60 a 160 km- y cuarto – de 210 a 290 km-, son de característica descendiente, por lo que se considera terreno llano, cuyo factor de equivalencia en litros por kilómetro recorrido y tonelada tiene un valor de 0,016.

Los cálculos del valor de las emisiones se realizan de la misma forma que en el apartado correspondiente a la ruta Azuqueca de Henares-Martorell, modificando el valor de los kilómetros obtenidos por cada característica del tramo. Al haberse visto dividido en más tramos que especifican la característica de la ruta, se espera una mayor precisión en los resultados.

#### 4.1.3 Consumo

Debido a que el valor de los litros consumidos en cada ruta realizada es conocido gracias al CANBUS incorporado en el vehículo, se ha decidido analizar el valor de las emisiones que se obtendría a partir de ese dato, sin tener en cuenta las características del terreno ni los kilómetros recorridos.

Conocido el tipo de combustible con el que se está circulando, en este caso diésel, y a partir de la [Tabla 4.2](#), se obtiene el factor de equivalencia de kg equivalentes de CO<sub>2</sub> equivalente emitidos. Este factor se multiplica directamente por el valor del combustible consumido para poder saber el valor de las emisiones en kg, que más tarde se pasarán a toneladas.

## 4.2 EcoTransIT

### 4.2.1 Herramienta

EcoTransIT es una herramienta informatizada que se encuentra disponible a través de la página web “<https://www.ecotransit.org/calculation.es.html>”.

Una vez dentro de la página, aparece en pantalla una pestaña en la cual se deben introducir los datos requeridos –[Figura 4.6](#)–.

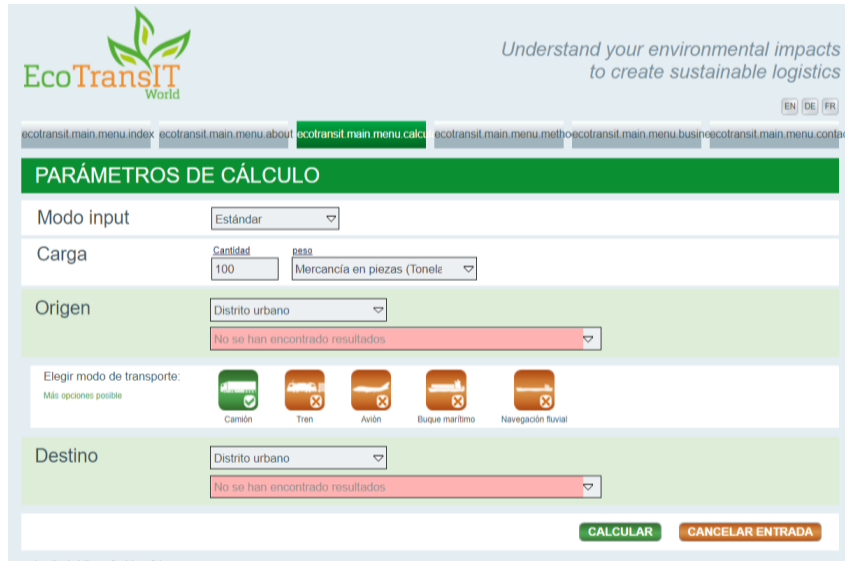


Figura 4.6: Calculadora de EcoTransIT.

Fuente: EcoTransIT [16]

Al tratarse de vehículos modulares ampliables, la casilla “Modo Input” debe ser modificada, pasará de ser “Estándar” a “Ampliado” –[Figura 4.7](#)–.

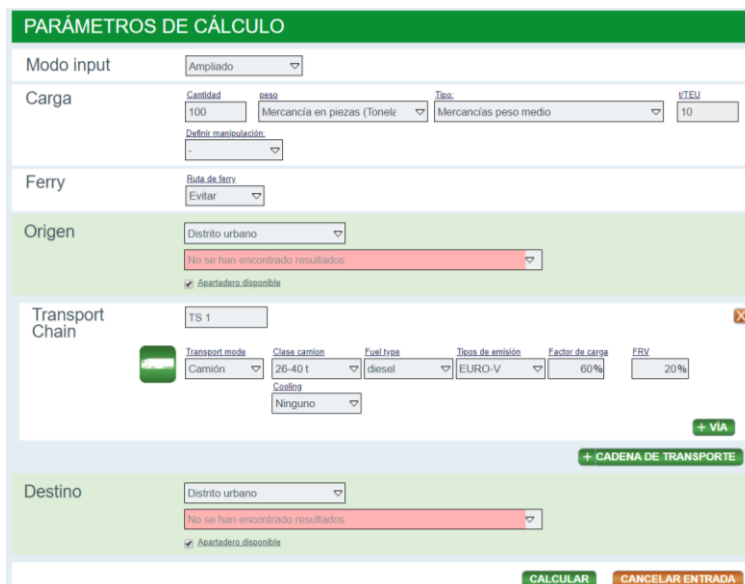


Figura 4.7: Parámetros de cálculo EcoTransIT.

Fuente: EcoTransIT [16]



Una vez modificada la característica de modo de entrada, es decir, tipo de vehículo, aparece una nueva pestaña en la cual se deben introducir los diferentes parámetros descritos en “Factores influyentes”. A continuación, se va a realizar una descripción detallada de cada apartado de la calculadora:

- *Carga*

En este apartado hay que tener en cuenta la carga transportada, no la masa total de vehículo. La carga se sitúa en la casilla correspondiente en toneladas, como se indica en la casilla de peso.

La masa total del vehículo no se tiene en cuenta en este apartado. Se calculará partir de los datos de cadena de transporte, de la cual se hablará más tarde, teniendo en cuenta el tipo de vehículo y el factor de carga.

- *Ruta de ferry*

En este apartado se indica si en algún momento se ha realizado el transporte de las mercancías vía ferry. Se evita esta opción para este análisis.

- *Origen*

Distrito urbano en el cual va a tener comienzo el trayecto.

- *Cadena de transporte*

Este apartado es el más importante, describe el vehículo del cual se quiere hacer la estimación de las emisiones. Brevemente se van a explicar las diferentes casillas en las cuales se deben introducir los datos:

- Transport mode: Tipo de vehículo

- Clase camión: Una vez elegido el “Transport mode” y, en el caso de estudio, haber elegido la opción “Camión”, se debe elegir el tipo de vehículo modular según la Masa Máxima Autorizada. En el caso de los vehículos dúo, al no estar todavía en uso regulado, se elegirá la MMA del giga.

- Fuel type: Dependiendo del tipo de combustible con el cual el vehículo ha realizado el trayecto, el valor de las emisiones tendrá un valor variable. Es en esta casilla donde se debe marcar el combustible utilizado

- Tipos de emisión: Como se ha explicado antes, con la norma EURO se realiza una clasificación de los vehículos según el tipo de emisiones. Cuanto más antiguo sea el vehículo, menos será el número que acompaña a la norma y por lo tanto, mayores serán las emisiones.

- Factor de carga: Esta casilla representa el porcentaje que supone la carga real transportada respecto a la máxima carga transportable.

- FRV: Calcula las emisiones producidas en los viajes realizados en vacío del propio vehículo.

- *Destino*

Distrito urbano que pone fin al trayecto.

En el análisis realizado sobre los tres tipos de vehículos, se ha tenido en cuenta un FRV=0 ya que solamente se estudia con el vehículo cargado. También, para estimar un valor del factor de carga y, siendo conocido el valor de los litros consumidos, se ha variado el valor del mismo con el fin de que los litros consumidos reales sean los mismos que los calculados por la herramienta, es decir, el valor del factor de carga se estima según el resultado deseado de consumo.

Teniendo en cuenta todos los datos, se realiza el cálculo. Ya que el dato más relevante en este caso de estudio son las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas en el proceso de transporte y que la herramienta proporciona múltiples opciones de resultados, se va a proceder a buscar la manera de conocer el dato preciso para el estudio.

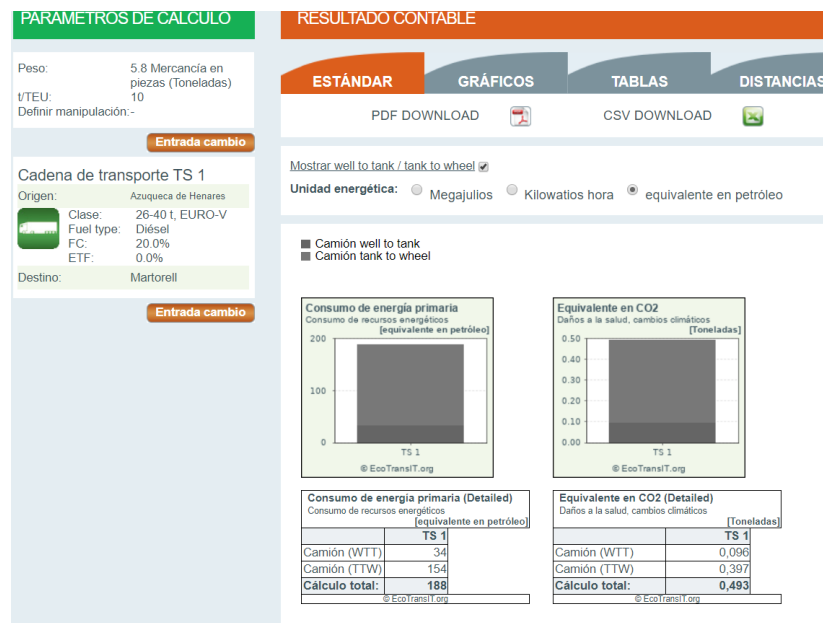


Figura 4.8: Resultados EcoTransIT.

Fuente: EcoTransIT [16]

La herramienta ofrece la opción de mostrar los resultados en MJ, kWh y en equivalente en petróleo. También permite obtener los resultados diferenciando la parte conocida como “Del pozo al depósito” – Well to tank- de la llamada “Del depósito a las ruedas” –Tank to Wheel-. Tras seleccionar ambas casillas, obtenemos los datos representados en la [Figura 4.8](#), junto con un breve resumen en la parte superior izquierda de los datos introducidos para el cálculo.

Debido a que el fin de este estudio es la comparación de los diferentes vehículos en un mismo trayecto, la opción de “well to tank” es irrelevante. Se tendrá en cuenta el dato proporcionado en la parte de “tank to wheel”, es decir, el dato de consumo del vehículo en su trayecto, sin tener en cuenta el consumo previo para la obtención del combustible.

#### 4.2.2 Cálculos

Con el fin de poder llegar a conclusiones y obtener resultados sobre la comparación de los tres tipos de vehículos en estudio, se ha realizado paso a paso un análisis de cada uno de ellos introduciendo los datos correspondientes en los apartados de la herramienta. En el [ANEXO B](#) se muestran todas las soluciones de cada caso analizado del tráiler, del giga y del dúo.

En la [Figura 4.9](#) se muestra un ejemplo del cálculo de las toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> de un vehículo dúo que ha consumido 210 litros de combustible –diésel- en el trayecto de Azuqueca de Henares a Martorell, habiendo emitido 0,53 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> a lo largo de todo el recorrido.

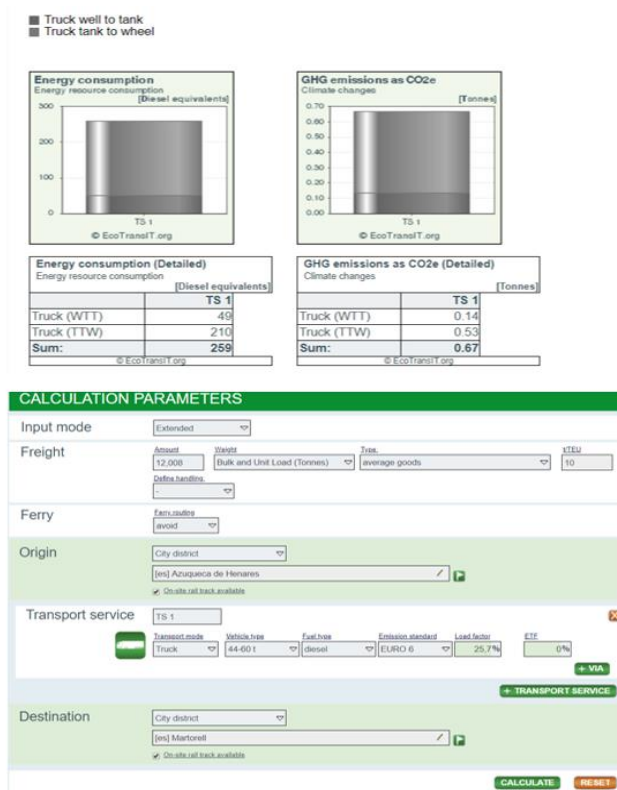


Figura 4.9: Ejemplo de cálculo de emisiones.  
Fuente: EcoTransIT [16]

## 5. Análisis de datos

A continuación se van a mostrar los datos obtenidos siguiendo los diferentes métodos explicados anteriormente. Se han seleccionado dos días correspondientes a cada trayecto, uno de ida y otro de vuelta, en cada tipo de vehículo. Esta selección se ha realizado puesto que, con un único día no se puede conocer la exactitud de los parámetros utilizados ya que puede haber un fallo en las medidas y no en el proceso de cálculo.

En todas las tablas de datos encontramos cuatro filas. Estas filas representan los datos obtenidos para cada uno de los métodos seguidos. En azul se representan los procedimientos de AECOC, que es la formulación que se quiere comprobar y en verde, los cálculos realizados con EcoTransIT.

### 5.1 Tráiler

En la [Tabla 5.1](#) se muestran los resultados obtenidos de valor de emisiones – toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>- para cada día y cada trayecto. Se pueden comprobar las diferencias entre los métodos empleados en el análisis de las emisiones. Suponiendo que EcoTransIT es el más preciso pues su base de datos divide el trayecto en tramos exactos, tomamos como referencia ese dato.

Tabla 5.1: Emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas equivalentes con el vehículo tráiler.  
 Fuente: Elaboración propia.

	Azuqueca de Henares-Martorell		Martorell-Azuqueca de Henares	
Montañoso	0,6786873	0,6786873	0,6194133	0,6194133
Mixto	0,6053157	0,6053157	0,57744944	0,577449444
EcoTransIT	0,371	0,378	0,4	0,39
Consumo	0,38448	0,39249	0,40317	0,41385

### 5.2 Giga-Tráiler

Los datos de emisiones en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> se muestran en la [Tabla 5.2](#). Como bien se ha mencionado, el dato referencia es el de EcoTransIT.

Tabla 5.2: Emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas equivalentes con el vehículo giga-tráiler.  
 Fuente: Elaboración propia.

	Azuqueca de Henares-Martorell		Martorell-Azuqueca de Henares	
Montañoso	0,782890992	0,94512393	0,8565093	0,901438992
Mixto	0,698254128	0,84294837	0,798482724	0,840368531
EcoTransIT	0,38	0,42	0,46	0,47
Consumo	0,379	0,430	0,473	0,483

A pesar de ser un vehículo con mayor capacidad y por lo tanto mayor carga y mayor esfuerzo en movimiento, el valor de las emisiones no dista apenas de las del vehículo tráiler.

### 5.3 Dúo-Tráiler

En la [Tabla 5.3](#) se muestra el valor de las emisiones de cada uno de los días seleccionados según el método utilizado.

Tabla 5.3: Emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas equivalentes con el vehículo dúo-tráiler.  
Fuente: Elaboración propia.

	Azuqueca de Henares-Martorell		Martorell-Azuqueca de Henares	
Montañoso	1,05975985	1,132370496	1,06035259	1,102022208
Mixto	0,94519121	1,009952064	0,98851609	1,027362685
EcoTransIT	0,56	0,53	0,57	0,6
Consumo	0,5874	0,567	0,6	0,63279

En este caso, el valor de las emisiones es más elevado en comparación con los otros datos debido a que el dúo tiene una capacidad mayor que el tráiler, en concreto el doble. Se comprueba que el factor de carga tiene gran influencia en los resultados.

Se espera una reducción del valor de las emisiones producidas por un vehículo dúo en comparación con dos vehículos tráiler.

#### 5.4 Factores influyentes

Se ha demostrado, mediante la ejecución de los diferentes métodos empleados para el cálculo de las emisiones, la importancia y la influencia de los factores que contribuyen a el aumento del valor de las emisiones, de los cuales se ha hablado en el apartado “[3.2 Factores influyentes](#)”. Para poder realizar el estudio, se han tenido que seleccionar los datos requeridos e introducirlos en las casillas adecuadas que permiten el cálculo tanto para EcoTransIT como para realizar los cálculos necesarios y encontrar el factor indicado en las tres variantes de análisis de AECOC.

Cabe destacar que en análisis del vehículo dúo-tráiler, en la inspección de los datos ofrecidos para la realización del proyecto, se ha observado una anomalía de interés para el estudio de la importancia de los factores influyentes en las emisiones.

Conocido el origen y el destino, el valor en litros del combustible total necesitado en cada trayecto y la carga transportada, se ha hecho una clasificación y se han analizado dos trayectos por ruta, cada uno de ellos con valores diferentes de carga transportada. La tabla de datos a partir de los cuales se ha realizado esa selección es la [Tabla 3](#) que se encuentra en el [ANEXO C](#).

Centrándonos en el trayecto Azuqueca de Henares-Martorell, nos encontramos con trayectos de diferentes valores de carga. Se han escogido dos días en concreto, uno con carga mayor que el otro. El día 17 de octubre, el vehículo transportaba 12,008 t de carga y obtuvo un consumo total de combustible de 210 litros. En cambio, el día 10 de octubre, realizando la misma ruta y transportando 9,559 t de carga, obtuvo un consumo de 220 litros de diésel. Como se puede comprobar, el trayecto realizado con menor carga consume una mayor cantidad de combustible que el de mayor carga. Hay una clara relación entre el consumo de combustible y las emisiones generadas por un vehículo, es por eso que se ha realizado un estudio que compruebe que factor es el más influyente en cuanto a emisiones.

Gracias a la información aportada por el CANBUS del vehículo, es posible conocer los datos de velocidad instantánea, consumo, altitud, latitud y distancia recorrida, entre otros, en un cierto tiempo.

Durante el trayecto, el vehículo debe estar parado cada cierto tiempo. Esos datos no son registrados en el CANBUS y por ello generan fallos en el registro. A pesar de generar fallos, se ha tratado de generar las gráficas con datos en los que el vehículo se encuentre en circulación.

Debido a la facilidad de obtención de esta información es posible realizar una comparación entre las diferentes características de la conducción y llegar a conclusiones sobre los diferentes factores. El estudio se ha focalizado en cuatro de ellos; consumo instantáneo, revoluciones del motor, velocidad, y fuerza de empuje.

#### 5.4.1 Consumo instantáneo

Debido a la diferencia de consumos totales y al desconocimiento de las causas, se va a analizar el valor del consumo en cada tramo indicado por el CANBUS. En la [Figura 5.1](#) se muestra una comparación entre el consumo instantáneo de ambos días. En verde se observa el consumo del recorrido realizado con la carga mayor -12,008 t- y en azul el de la carga menor -9,559 t-.

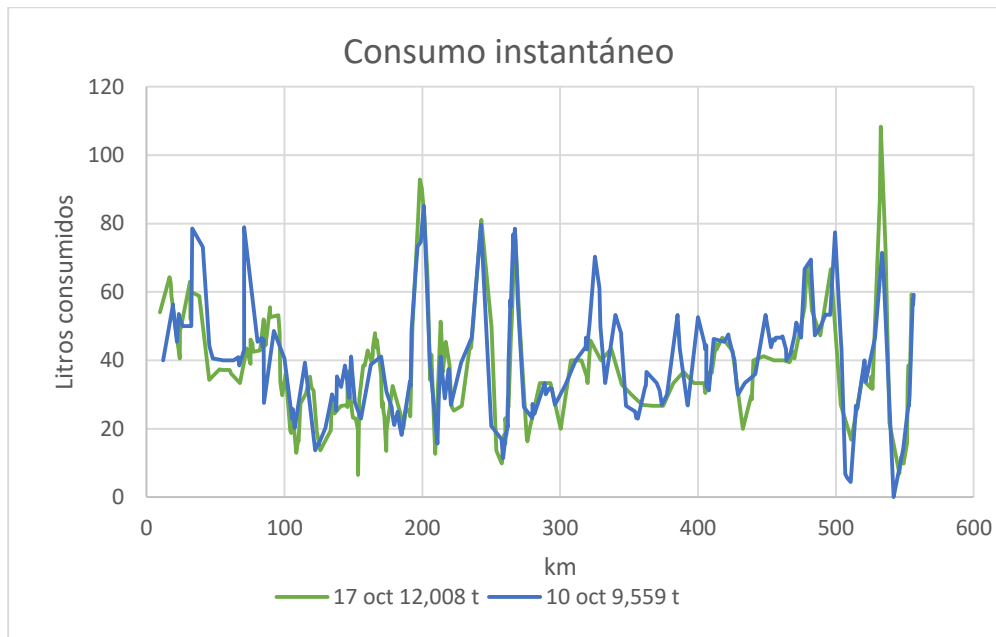


Figura 5.1: Comparación del consumo instantáneo entre dos trayectos.  
Fuente: Elaboración propia.

A pesar de haber variaciones entre ellas que marcarán la diferencia de consumos en ambos recorridos, estas se pueden considerar insignificantes puesto que la línea que describe la variación de consumo en ambos casos sigue la misma tendencia en la mayor parte de la ruta, haciendo coincidir el valor de los consumos instantáneos en varios tramos del recorrido.

La línea que describe el consumo del día 10 de octubre, en azul, presenta mayor número de picos que la que describe el día 17 de octubre. Ya que esta característica no proporciona ningún dato concreto sobre la diferencia entre ambos consumos con diferente carga, se van a comprobar los tres factores restantes.

#### 5.4.2 Revoluciones del motor

A partir de los datos obtenidos para el estudio, se puede comprobar si los conductores de los dos recorridos analizados y comparados son la misma persona.

Se ha observado ese dato puesto que, al cambiar el conductor que realiza el recorrido, la conducción puede variar, llegando a influir en el valor del consumo total del trayecto. En estos dos casos, el conductor que realiza el transporte es una persona diferente.

Ya que el dato de consumo instantáneo no ha proporcionado ninguna información relevante, se ha comparado la variación de las revoluciones del motor tramo a tramo. De nuevo, esa información es aportada por el CANBUS del vehículo.

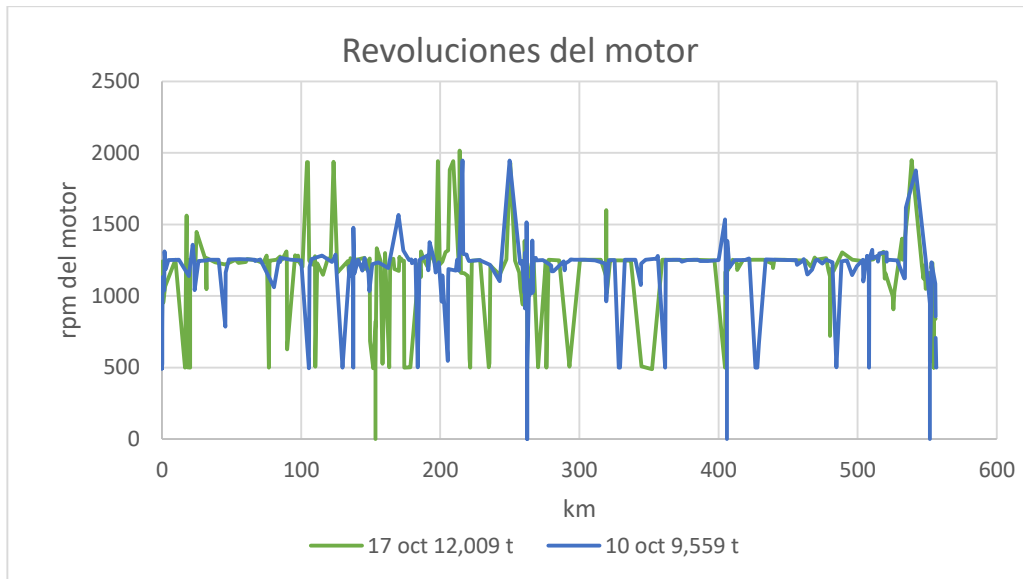


Figura 5.2: Comparación de las revoluciones del motor entre dos trayectos.

Fuente: Elaboración propia.

La [Figura 5.2](#) representa la variación de las revoluciones del motor en cada tramo de ambos trayectos. Como en el caso anterior, en verde se representa el día que mayor carga es transportada y en azul el día que menor carga se transporta pero en el que se consume más combustible.

Ambas líneas se caracterizan por la presencia de picos. Estos picos describen aceleraciones repentinas en tramos, probablemente, en los que el vehículo necesita generar más fuerza para circular, como puede ser un tramo montañoso.

Otra característica observable en esta gráfica son los picos que descienden hasta un valor de 0. Estos picos son debidos a fallos en la colecta de datos del CANBUS, ya por falta de conexión, por cualquier problema técnico del medidor o incluso porque el vehículo está parado.

Las líneas de variación de las revoluciones son muy similares. Como en el caso del consumo instantáneo, las diferencias entre ambos son insignificantes. Al principio se observa una tendencia a generar picos en la línea verde, con carga de 12,008 t, pero llegados al tramo final, es el vehículo con carga 9,599t, línea azul, el que tiende a generar picos.

#### 5.4.3 Velocidad

La [Figura 5.3](#) muestra la gráfica comparativa entre las velocidades instantáneas de cada trayecto en cada tramo. En verde, como en los casos anteriores, el trayecto con un valor de carga mayor que en el caso del trayecto representado en azul.

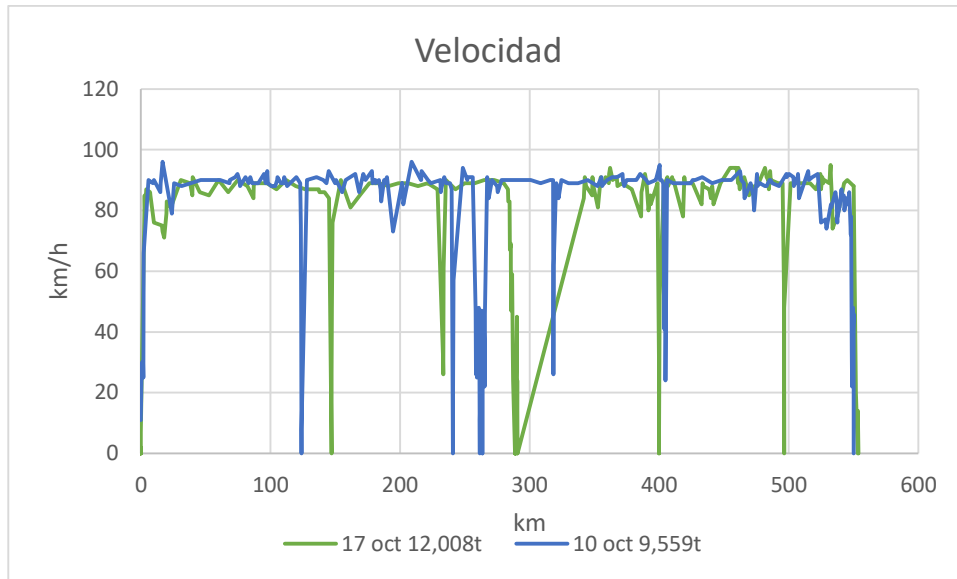


Figura 5.3: Comparación de las velocidades entre dos trayectos.  
Fuente: Elaboración propia.

Ambos casos muestran una moda de velocidad de aproximadamente 90 km/h, excluyendo los picos inferiores que alcanzan valores de 0 km/h. Las razones por las cuales puede suceder esto son varias. Entre ellas se encuentran la posibilidad de fallo en la recogida de datos realizada por el CANBUS, como por ejemplo en el kilómetro 300, en la línea verde, en la cual se aprecia la falta de toma de datos desde el kilómetro 290 hasta el 340 aproximadamente, o incluso por la reducción de velocidad debido a variaciones en la circulación.

La tendencia de reducción de velocidad en ambos es similar. No hay grandes variaciones entre las características de velocidad en los dos trayectos diferentes.

#### 5.4.4 Fuerza de empuje

La fuerza de empuje es la fuerza que el vehículo debe realizar para conseguir el desplazamiento de este a una velocidad deseada. Puesto que en ambos casos se van a considerar las mismas condiciones meteorológicas y las mismas características de ruta y vehículo, la única diferencia característica entre ambos trayectos es la carga transportada.

Un vehículo con más carga tendrá mayor dificultad a la hora de realizar tramos de montaña mientras que, en tramos de bajada, la carga facilitará el avance, disminuyendo el valor de la fuerza a realizar del vehículo y, por lo tanto, del consumo.

Las cargas a comparar no distan mucho entre ellas, aproximadamente 3 t. A pesar de ello, se ha considerado un dato de interés puesto que, la característica de ruta predominante en el trayecto es llana, concretamente de bajada –trayecto Azuqueca de Henares-Martorell-.



## 6. Resultados

Una vez analizados los datos que permiten el estudio de las emisiones de los diferentes vehículos disponibles para el transporte de mercancías por carretera, se han obtenido resultados que van a ser estudiados con el fin de llegar a conclusiones y nuevas líneas de futuro de estudio.

Para poder analizar los resultados y relacionar los datos obtenidos, se ha realizado una gráfica comparativa entre todos los días seleccionados de cada vehículo y, una gráfica más precisa en la que solo se compara el valor de las emisiones obtenido dependiendo del método en un día de cada uno de los modelos, con el fin de observar detalladamente la diferencia entre los diferentes caminos tomados para el cálculo. En el [ANEXO D](#) se han incluido todas estas gráficas junto con las tablas que han permitido el cálculo.

### 6.1 Tráiler

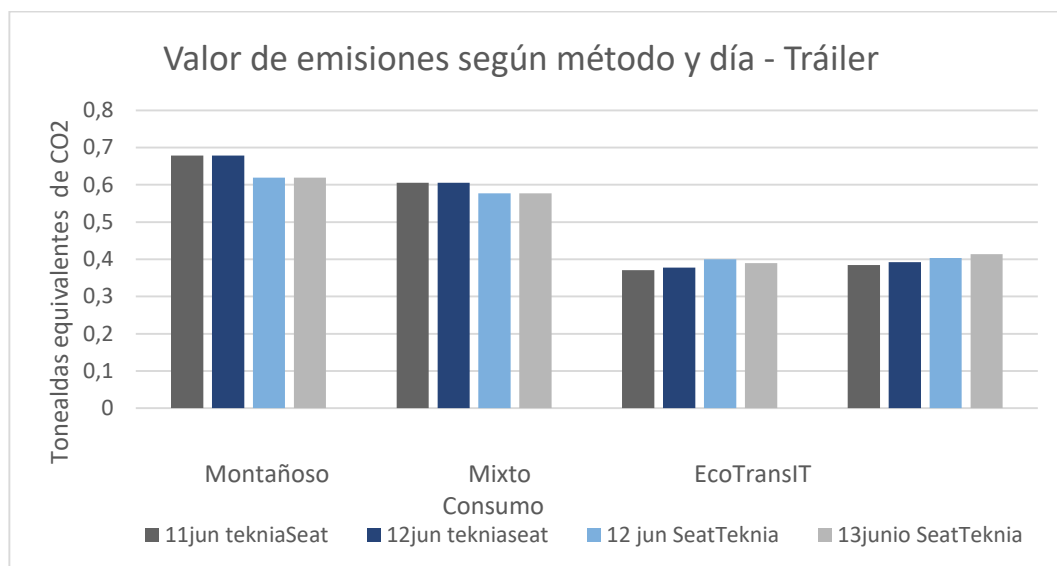


Figura 6.1: Gráfica comparativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> según día y metodología en un vehículo tráiler.  
Fuente: Elaboración propia.

Debido a que los datos del vehículo tráiler no son tan precisos como los ofrecidos en los demás vehículos, las emisiones generadas en los métodos de cálculo a partir de los datos de AECOC en un mismo trayecto, independientemente del día realizado, son idénticos –[Figura 6.1](#)-. Esto es debido a que el valor de la carga en ambos recorridos es el mismo – 7 t para el trayecto de Teknia a Seat, es decir, de Azuqueca de Henares a Martorell, y 5 t para la ruta de Martorell a Azuqueca de Henares-.

Sin embargo, para el método de EcoTransIT y para el método realizado a partir del consumo de cada trayecto, se generan valores diferentes de emisiones entre los días seleccionados, consecuencia del cálculo a partir de datos independientes del valor de la carga.

La [Figura 6.2](#) muestra con detalle la diferencia de valores de emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas dependiendo del método seguido para su cálculo.

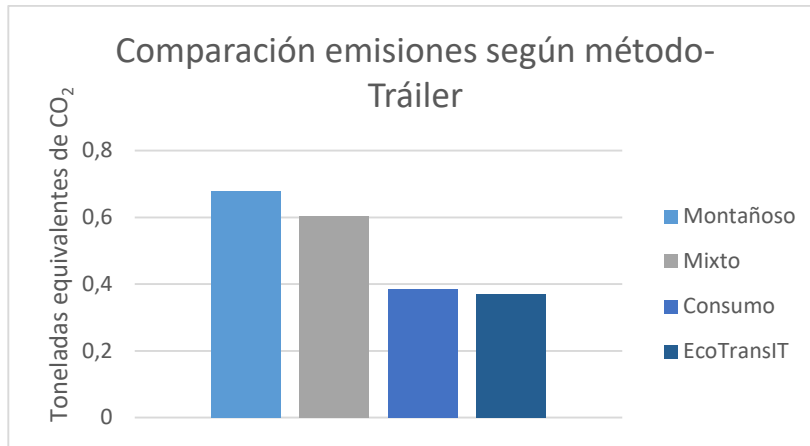


Figura 6.2: Comparación de emisiones según método utilizado en un vehículo tráiler.  
Fuente: Elaboración propia.

Puesto que la importancia se le da a la comparación de los métodos y no al valor exacto de emisiones, se ha elegido un día aleatorio de entre los cuatro a los cuales se ha realizado el estudio.

El método montañoso, junto con el mixto, aunque este más preciso, son dos métodos que distan demasiado del valor de emisiones generado por EcoTransIT. Recordemos que EcoTransIT es una calculadora informatizada cuya base de datos es muy precisa y debido a ello, tomaremos ese dato como el dato referencia a comparar.

Realizando el seguimiento de los pasos de cálculo de emisiones a partir del consumo total del vehículo en un trayecto, conseguimos aproximarnos a los resultados obtenidos con EcoTransIT.

## 6.2 Giga-Tráiler

Siguiendo los mismos pasos que para el caso del tráiler, se ha generado una gráfica –[Figura 6.3](#)– a partir de la cual se conoce el valor de emisiones según metodología empleada y según el día en el que se ha hecho el análisis.

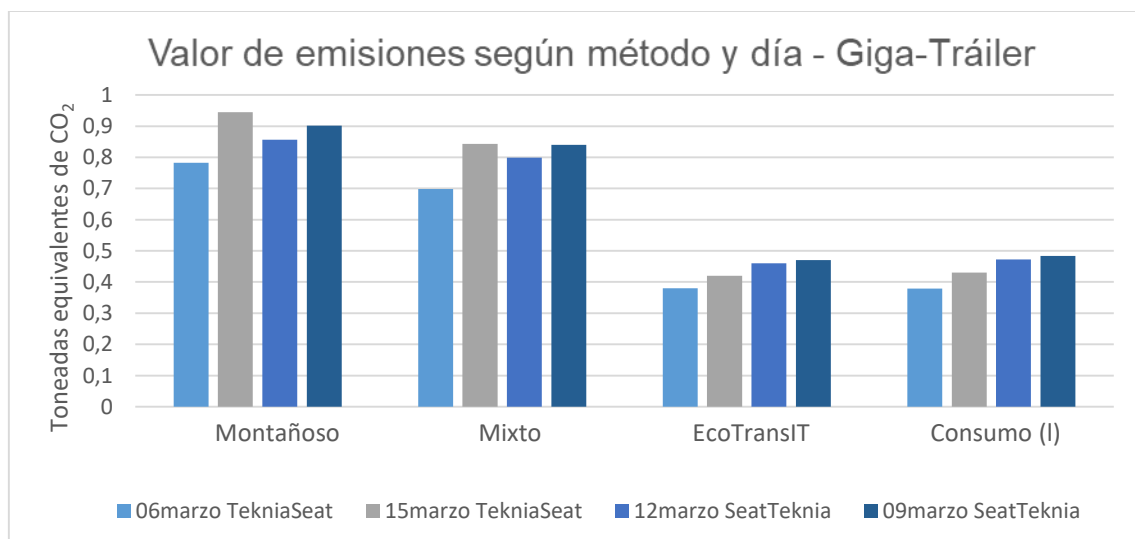


Figura 6.3: Gráfica comparativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> según día y metodología en un vehículo giga-tráiler.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede comprobar, del mismo modo que en el caso del tráiler, el valor de las emisiones totales del recorrido se duplica en el caso de realizar los cálculos con el procedimiento ofrecido por AECOC, exceptuando el caso del cálculo a partir del consumo que, en ese caso, proporciona valores similares a los de EcoTransIT.

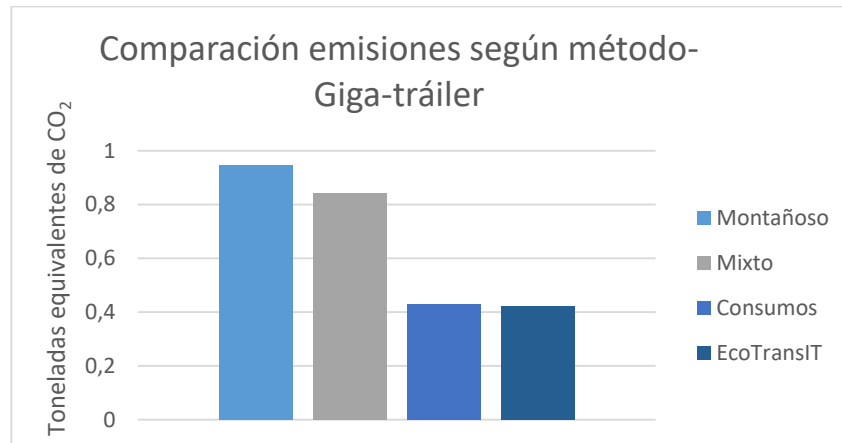


Figura 6.4: Comparación de emisiones según método utilizado en un vehículo giga-tráiler.

Fuente: Elaboración propia.

La [Figura 6.4](#) muestra la gráfica comparativa entre los diferentes métodos en un solo recorrido. Se puede observar con mayor precisión la diferencia que supone realizar el cálculo por los diferentes caminos.

En este caso el valor de emisiones, en general, supera el de las de un vehículo tipo tráiler, aumentando aproximadamente 0,2 t las emisiones generadas en cada uno de los métodos de cálculo.

No significa una gran diferencia teniendo en cuenta que este vehículo tiene permitido el transporte de más carga, sumándole que la cabeza tractora del camión tiene una masa mayor.

### 6.3 Dúo-Tráiler

Como en los dos casos anteriores, se han realizado dos gráficas comparativas con el fin de establecer conclusiones.

La [Figura 6.5](#) y la [Figura 6.6](#) presentan los datos de emisiones según día, ruta y metodología empleada –[Figura 6.5](#)- y el valor de emisiones especificando un día en concreto –[Figura 6.6](#)-.

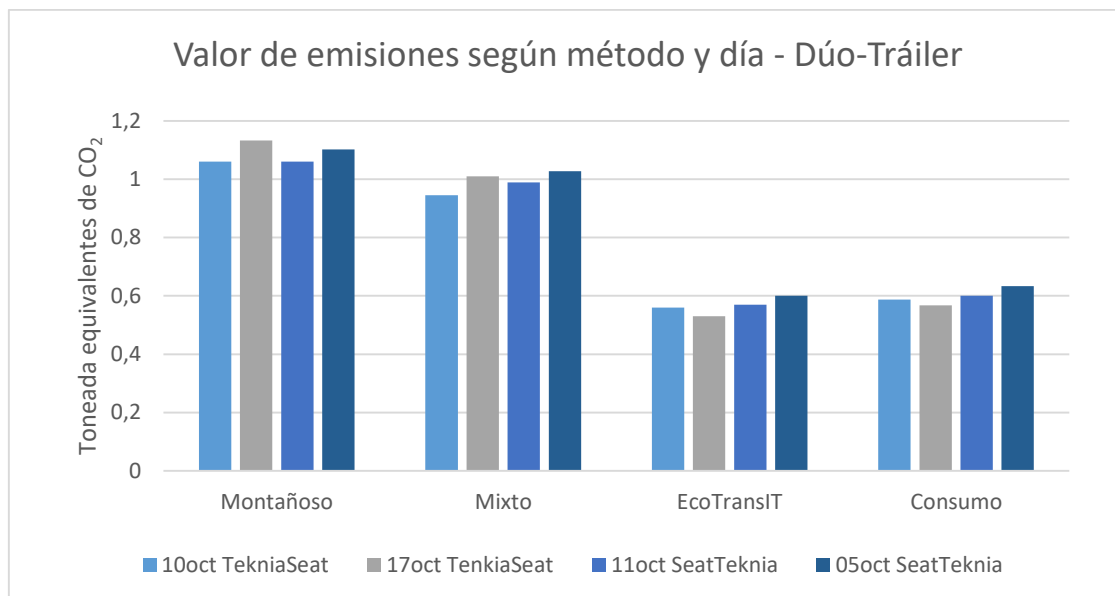


Figura 6.5: Gráfica comparativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> según día y metodología en un vehículo dúo-tráiler.  
Fuente: Elaboración propia.

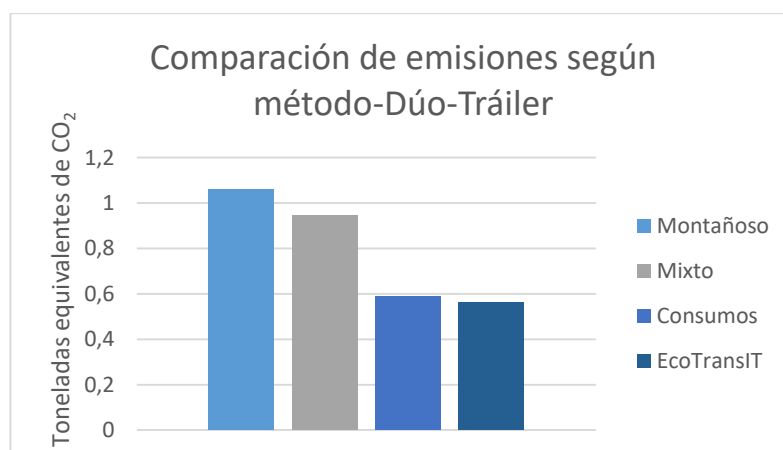


Figura 6.6: Comparación de emisiones según método utilizado en un vehículo dúo-tráiler.  
Fuente: Elaboración propia.

Debido a la elevada carga que este tipo de vehículos puede transportar y a su tamaño, las emisiones tienen un valor mayor que en el caso del tráiler y que el giga-tráiler. A pesar de ello, la comparación entre los diferentes procedimientos sigue el mismo patrón, los cálculos con AECOC siguen generando error. El valor de emisiones es el doble que con la herramienta “EcoTransIT”.

En los tres casos definidos, el método realizado a partir del consumo real consumido en un trayecto se aproxima más -en valores de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente- al del EcoTransIT. Podemos afirmar que el factor que transforma los litros de combustible consumido en un equivalente en peso -toneladas- de CO<sub>2</sub> emitido es correcto.

Debido a que los dos métodos restantes se han realizado a partir de dos factores y uno de ellos es el del consumo, el cual ha sido confirmado por aproximación de datos entre EcoTransIT y el procedimiento de cálculo a partir de los consumos reales, se comprueba que el fallo se encuentra en el factor que determina los litros de combustible consumidos a partir del tipo de vehículo y el terreno por el cual se ha circulado, es decir, la ruta.

## 6.4 Dúo-tráiler y tráiler

Puesto que uno de los fines de este estudio es la búsqueda de la reducción de emisiones en el sector de los transportes y comprobar los métodos posibles para llegar a ello, se va a realizar una estimación sobre la diferencia que supondría el transporte de mercancías a partir de un vehículo dúo-tráiler y uno tráiler.

Se han seleccionado estos dos tipos de vehículo debido a que dimensionalmente, un vehículo dúo es capaz de transportar el doble de carga que un tráiler.

Se quiere comprobar si merece la pena el uso de un vehículo con dimensiones como las del dúo para la sustitución de dos tráilers. El consumo de combustible junto con la diferencia del valor de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas en un trayecto, serán los parámetros clave para la aclaración y solución del problema expuesto.

Dado que se han realizado previamente gráficas indicadoras del valor de emisiones de cada uno de los medios de transporte de mercancías seleccionados – [Figura 6.2](#) y [Figura 6.6](#)-, se va a realizar la comparación a partir de ellas, incrementando el valor de las emisiones del vehículo tráiler suponiendo dos viajes idénticos. Es decir, los valores de la [Figura 6.2](#) serán el doble.

Tabla 6.1: Emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas con dos vehículos tráiler.

Fuente: Elaboración propia.

	Azuqueca de Henares-Martorell		Martorell-Azuqueca de Henares	
Montañoso	1,3573746	1,3573746	1,2388266	1,2388266
Mixto	1,2106314	1,2106314	1,15489889	1,154898888
EcoTransIT	0,742	0,756	0,8	0,78
Consumo	0,76896	0,78498	0,80634	0,8277

Al igual que con los demás vehículos, se ha realizado una tabla –[Tabla 6.1](#)- que muestra el valor en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> de las emisiones de dos vehículos tráiler que realizan el mismo trayecto cada vez realizando los cálculos por los diferentes caminos posibles. Esta tabla va a ser comparada con la [Tabla 5.3](#), propia del vehículo dúo.

Se han elegido dos trayectos similares, de Azuqueca de Henares a Martorell, y se han elegido dos días cuya carga transportada sea la misma, aproximadamente 10 t –teniendo en cuenta que cada tráiler transporta 5 t-.

La [Figura 6.7](#) compara las medidas obtenidas en ambos casos expuestos en este apartado. En verde, los dos vehículos tráiler y en azul el vehículo dúo-tráiler.

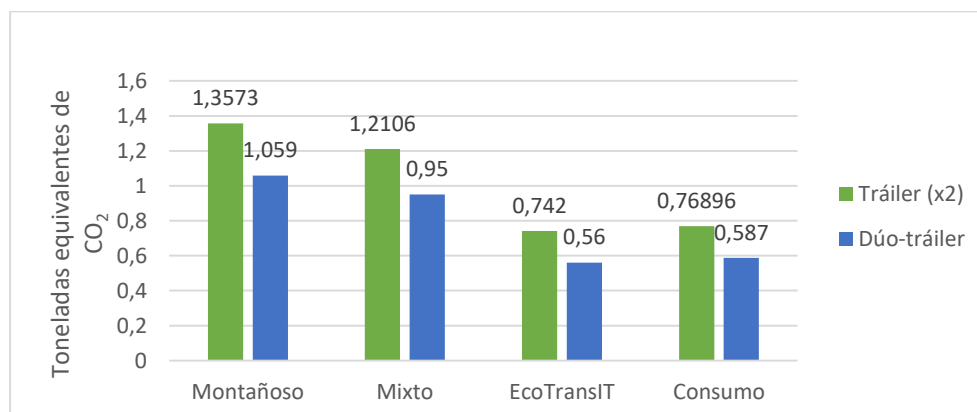


Figura 6.7: Gráfica comparativa de emisiones de los vehículos en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la gráfica representada en la [Figura 6.7](#), habiendo realizado los mismos pasos y siguiendo las mismas pautas en una misma ruta con una carga similar para el cálculo de las emisiones, a simple vista se puede comprobar que el valor de las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas es mayor en el caso de duplicar el número de vehículos tráiler.

Esto no solo supondrá un ahorro de combustible, y por lo tanto una reducción en el valor de las emisiones en el caso de escoger la opción de transportar mercancías mediante un vehículo dúo. También supondrá ahorro económico para la empresa transportista debido a la contratación de un único conductor encargado de realizar la ruta.

## 6.5 Calculadora

Se ha realizado una gráfica comparativa entre los tres tipos de vehículos analizados, mediante la ayuda de la herramienta EcoTransIT, con el fin de facilitar el cálculo de emisiones para la ruta Azuqueca de Henares-Martorell. Según el vehículo y la carga transportada, se conoce el valor de las emisiones de cada uno de ellos. – [Figura 6.8](#)-.

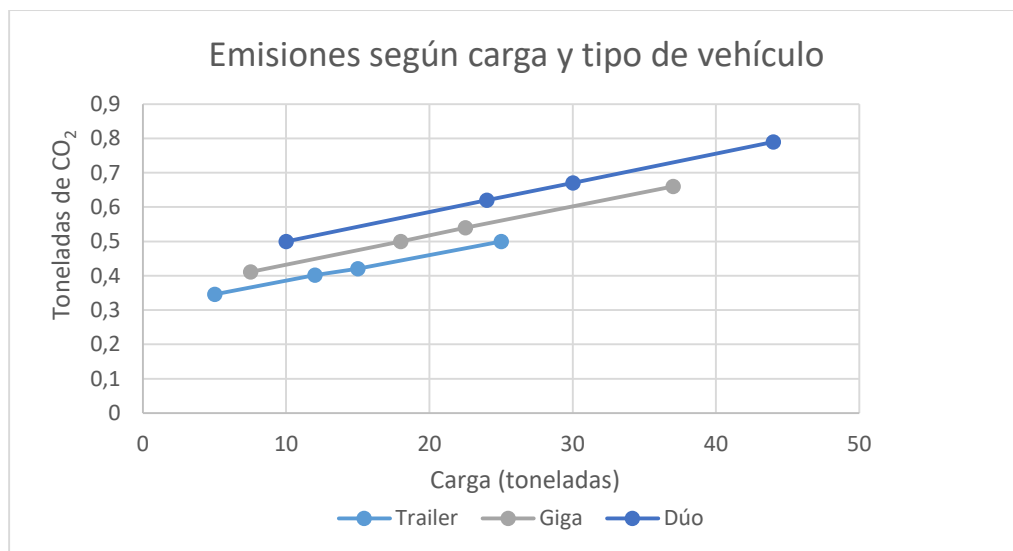


Figura 6.8: Emisiones en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> según vehículo para la ruta Azuqueca de Henares-Martorell.

Fuente: Elaboración propia.

Además de la gráfica resumen de los tres tipos de vehículo, se ha realizado una plantilla mediante la herramienta “Excel” que permite el cálculo de emisiones de cualquier vehículo de los tres señalados en cualquier trayecto, conociendo los kilómetros realizados y la característica de ruta en todos los tramos. Esta plantilla se muestra en el [ANEXO E](#).

## 7. Conclusiones

En primer lugar, se ha comprobado, a partir de los valores obtenidos con EcoTransIT, que un vehículo dúo-tráiler es capaz de realizar la misma función que dos vehículos tipo tráiler reduciendo el valor de las emisiones en un 25% aproximadamente –[Figura 7.1](#)–.

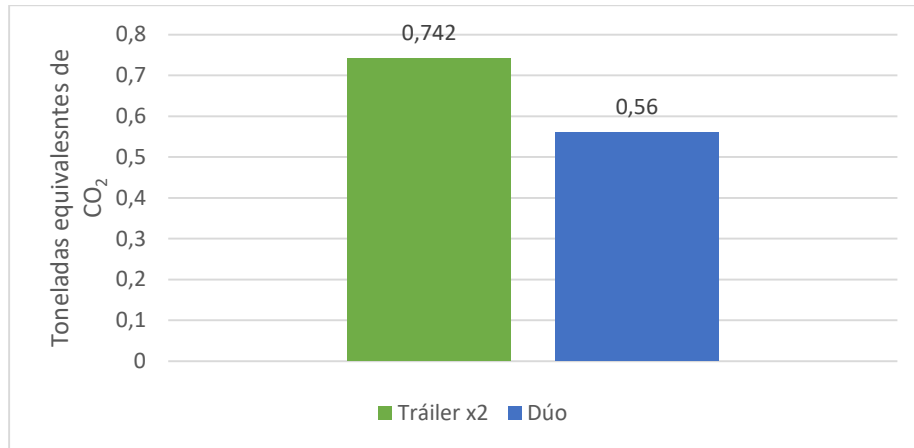


Figura 7.1: Comparación del valor de emisiones entre un vehículo dúo y el valor de emisiones de dos vehículos tráiler para la misma ruta y la misma carga –EcoTransIT–.

Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, dado que la diferencia entre los valores obtenidos en la realización de los cálculos a partir de los diferentes procedimientos a estudio es evidente y teniendo en cuenta la fiabilidad y precisión de uno de ellos –EcoTransIT–, se comprueba y confirma la veracidad del factor de equivalencia ofrecido por AECOC que relaciona los litros consumidos de combustible con el valor de las emisiones. En cambio, el factor que relaciona el tipo de vehículo y tipo de ruta con los litros de combustible consumidos no concuerda con los resultados óptimos esperados. Esto es debido a varios factores. En primer lugar, no se conoce con precisión la característica de terreno por el cual se está circulando, lo que influye en la precisión de los resultados. En segundo lugar, el factor utilizado es el característico de un vehículo tráiler –ya que no existe la opción de uno más amplio– por lo que los de tipo giga y dúo tendrán resultados no óptimos en los resultados de su estudio. A pesar de ello, en el análisis del vehículo tráiler, seguimos encontrando error en los cálculos realizados a partir de AECOC, un error que viene dado por ese factor. En concreto, una diferencia de un 47% aproximadamente si se realiza la comparación entre el método montañoso –para comprobar el fallo en el factor de equivalencia de una de las dos características en concreto– y el resultado de EcoTransIT –[Figura 7.2](#)–. En el caso de haberlo calculado comparando el método mixto con el EcoTransIT, la diferencia es del 42%– [Figura 7.3](#)–.

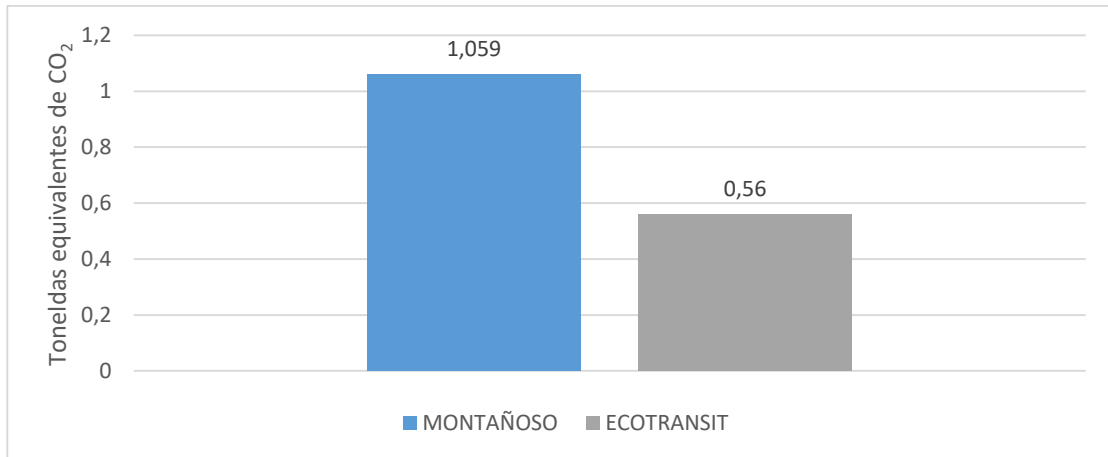


Figura 7.2: Diferencia en los resultados entre dos métodos –montañoso y EcoTransIT-.  
Fuente: Elaboración propia.

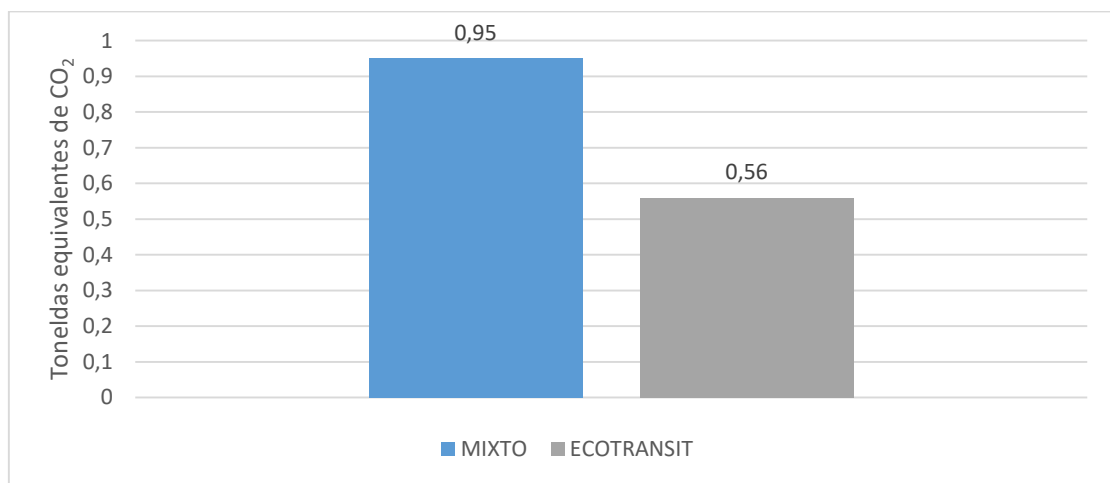


Figura 7.3: Diferencia en los resultados entre dos métodos –mixto y EcoTransIT-.  
Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar, posteriormente a haber realizado el análisis de los diferentes factores que influyen en el consumo de combustible y por tanto de las emisiones, se llega a la conclusión de que, con el análisis realizado, no hay ningún factor predominante.

Tras haber llevado a cabo el análisis de los resultados del estudio de las emisiones en los vehículos dedicados al transporte de mercancías, junto con los factores que contribuyen en la generación de esas emisiones, se obtienen conclusiones que podrían generar nuevas líneas de futuro abiertas a estudio, como por ejemplo, el cálculo del valor adecuado del factor de consumo para cada uno de los casos expuestos en este trabajo.



## 8. Fuentes de información

- [1] European Commission, “Impact Assessment. Future transport White Paper. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system”, 2011.
- [2] Limbeck, S., Gail, J., Schwedhelm, H., Jungfeld, I., “TRANSFORMERS. Contribution and views of the federal highway research institute of Germany.”, 2017.
- [3] Emilio Larrodé. Universidad de Zaragoza, “Desafíos y posibilidades de los Sistemas Euromodulares en Europa para el transporte de mercancías por carretera.”, 2019.
- [4] European Commission, “Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC”, 2008
- [5] Rijkswaterstaat. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, “Longer and Heavier Vehicles in the Netherlands. Economic, logistical and social effects.”, marzo de 2010.
- [6] Ministerio de Fomento. Gobierno de España, “Observatorio del transporte de mercancías por carretera. Oferta y demanda”, enero de 2018.
- [7] EAMA, “European Modular System”. [Extraído el 10 Noviembre desde <https://www.acea.be/industry-topics/tag/category/european-modular-system>]
- [8] AECOC, “Guía de cálculo de la huella de carbono del transporte de mercancías por carretera.”, 2017.
- [9] European Commission, “Statistical pocketbook”, 2019.
- [10] Directiva 2005/55/CE. Parlamento Europeo y Consejo Europeo de 28 de septiembre de 2015.
- [11] Directiva 2015/719. Parlamento Europeo y Consejo Europeo de 29 de abril de 2015.
- [12] Ministerio para la Transición Ecológica. Gobierno de España, “Normativa. Transporte-Vehículos pesados.”. [Extraído el 25 de noviembre a través de [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/transportes\\_pesados.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/transportes_pesados.aspx)]
- [13] Ministerio de Fomento. Gobierno de España, “Legislación del transporte por carretera.”, noviembre de 2011.
- [14] Orden PRE/2788/2015, de 18 de diciembre de 2015. [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-14026](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-14026)
- [15] Google Maps. De azuqueca de Henares a Martorell. [Extraído el 5 de diciembre a través de <https://www.google.es/maps/?hl=es>]
- [16] EcoTransit. Calculadora. [Extraído el 7 de Diciembre a través de <https://www.ecotransit.org/calculation.es.html>]

## ANEXO A

### Tablas AECOC

Tabla A1. Consumo específico de combustible en términos de tonelada-kilómetro y vehículo.

Tipo de camión	Montañoso		Llano	
	Mercancías a granel	Resto de mercancías	Mercancías a granel	Resto de mercancías
<b>Transporte de mercancías</b>	<b>- litros de diésel por t-km -</b>			
Furgoneta Clase I : <1,3 t MMA	0,145	0,231	0,145	0,231
Furgoneta Clase II: 1,3 – 1,74 t MMA	0,149	0,237	0,149	0,237
Furgoneta Clase III: 1,74 – 3,5 t MMA	0,132	0,211	0,132	0,211
Camión de < 7,5 t MMA	0,063	0,099	0,062	0,098
Camión de 7,5-12 t MMA	0,050	0,077	0,048	0,075
Camión de 12-24 t MMA	0,029	0,045	0,027	0,042
Camión articulado 24-40 t MMA1)	0,020	0,028	0,016	0,024
<b>Transporte de contenedores</b>	<b>- litros de diésel por TEU-km -</b>			
Camión de 12-24 t MMA	x	0,26	x	0,24
Camión articulado 24-40 t MMA1)	0,35	0,19	0,30	0,16
<p>¶ Includidos los trenes de carretera. x) El transporte en contenedor para este peso de contenedor no es de aplicación.  <b>Fuentes:</b> HBEFA 3.1; TREMOD 2010; Guía CLECAT; DEFRA; cálculos propios.  <b>Nota:</b> la presente tabla solo es de aplicación para el Patrón C.3: “Origen y destino. Cálculo por tipo de mercancía”. En esta tabla, se desglosan los consumos de combustible por toneladas-kilómetro recorrido en carga, estimadas para cada vehículo a partir de los datos de las Tablas 6 y 7.</p>				

Tabla A2. Factores de cálculo del consumo energético y emisiones de GEI según combustible (de acuerdo a la norma EN 16258).

Combustible empleado	Consumo de energía normalizado				Emisiones de gases de efecto invernadero (calculadas como equivalentes de CO <sub>2</sub> )			
	Del tanque a las ruedas (eT)		Del pozo a las ruedas (eW)		Del tanque a las ruedas (gT)		Del pozo a las ruedas (gW)	
	MJ/kg	MJ/l	MJ/kg	MJ/l	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg eCO <sub>2</sub> e/l	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg eCO <sub>2</sub> e/l
Gasolina	43,2	32,2	50,5	37,7	3,25	2,42	3,86	2,88
Etanol	26,8	21,3	65,7	52,1	0,00	0,00	1,56	1,24
Gasolina E5 (5 % vol. etanol)	42,4	31,7	51,4	38,4	3,08	2,30	3,74	2,80
Gasolina E10 (10 % vol. etanol)	41,5	31,1	52,2	39,1	2,90	2,18	3,62	2,72
Diésel	43,1	35,9	51,3	42,7	3,21	2,67	3,90	3,24
Biodiésel	36,8	32,8	76,9	68,5	0,00	0,00	2,16	1,92
Diésel D5 (5 % vol. biocombustible)	42,8	35,7	52,7	44,0	3,04	2,54	3,80	3,17
Diésel D7 (7 % vol. biocombustible)	42,7	35,7	53,2	44,5	2,97	2,48	3,76	3,15
Gas Natural Comprimido	45,1	7,89*	50,5	8,84*	2,68	0,469*	3,07	0,537*
Gas Natural Licuado	45,1	20,4*	50,5	22,9*	2,68	1,21*	3,07	1,39*
Gas Licuado de Petróleo	46,0	25,3	51,5	28,3	3,10	1,70	3,46	1,90

**Fuente:** Norma EN 16258.  
 Notas: (\*) cálculo realizado de acuerdo a la densidad de este tipo de combustible según las bases de datos de DEFRA.  
 A efectos del cálculo de huella corporativo, se considerará lo siguiente:  
 · El consumo energético directo (eD) es el consumo energético del tanque a la rueda (eT), mientras que el consumo energético indirecto (eI) es la diferencia entre el consumo energético del pozo a la rueda (eW) y el del tanque a la rueda (eT).  

$$e_D = e_T; e_I = e_W - e_T$$
  
 · Las emisiones de GEI directas (gD) son las emisiones de GEI del pozo al tanque (gT), mientras que las emisiones de GEI indirectas (gI) son la diferencia entre las emisiones de GEI del pozo a la rueda (gW) y del tanque a la rueda (gT).  

$$g_D = g_T; g_I = g_W - g_T$$

## ANEXO B

### Soluciones EcoTransIT

#### Tráiler

#### Azuqueca de Henares-Martorell



Figura B1: Emisiones con vehículo tráiler en el trayecto de Azuqueca de Henares a Martorell con carga= 7 t día 11 de junio.



Figura B2: Emisiones con vehículo tráiler en el trayecto de Azuqueca de Henares a Martorell con carga= 7 t día 12 de junio.

Martorell-Azuqueca de Henares



Figura B3: Emisiones con vehículo tráiler en el trayecto de Martorell a Azuqueca de Henares con carga= 5 t día 13 de junio.



Figura B4: Emisiones con vehículo tráiler en el trayecto de Marotrell a Azuqueca de Henares con carga= 5 t día 12 de junio.

## Giga-Tráiler

Azuqueca de Henares-Martorell

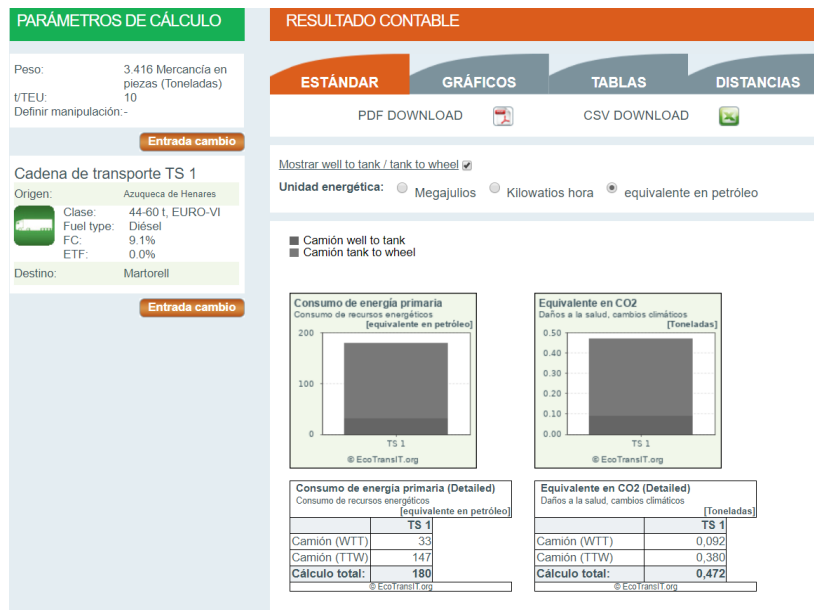


Figura B5: Emisiones con vehículo giga-tráiler en el trayecto de Azuqueca de Henares a Martorell con carga= 3,416 t día 6 de marzo.



Figura B6: Emisiones con vehículo giga-tráiler en el trayecto de Azuqueca de Henares a Martorell con carga= 8,889 t día 15 de marzo.

Martorell-Azuqueca de Henares



Figura B7: Emisiones con vehículo tráiler en el trayecto de Marotrell a Azuqueca de Henares con carga= 5,9 t día 12 de marzo.



Figura B8: Emisiones con vehículo tráiler en el trayecto de Marotrell a Azuqueca de Henares con carga= 7,416 t día 09 de marzo.

## Dúo-tráiler

Azuqueca de Henares-Martorell



Figura B9: Emisiones con vehículo dúo-tráiler en el trayecto de Azuqueca de Henares a Martorell con carga= 9,559 t día 10 de octubre.



Figura B10: Emisiones con vehículo dúo-tráiler en el trayecto de Azuqueca de Henares a Martorell con carga= 12,008 t día 17 de octubre.



Martorell-Azuqueca de Henares



Figura B11: Emisiones con vehículo dúo-tráiler en el trayecto de Marotrell a Azuqueca de Henares con carga= 9,578 t día 11 de octubre.



Figura B12: Emisiones con vehículo dúo-tráiler en el trayecto de Marotrell a Azuqueca de Henares con carga= 10,984 t día 05 de octubre.

## ANEXO C

Tablas con los datos de cada vehículo

Tráiler

Tabla C1: Tabla resumen vehículo tráiler

	TARA	TARA MEDIA 15900 KG							
3057JL	8595							VOLUMEN 100 M3	
R4671BCX	6739								
	200 - 1260								
FECHA	HORA	LLEGADA	FECHA	HORA	KM	LTS	LTS/100KM	HORAS MOTOR	PESO NETO
11/06/2018	20:05	Seat Martorell	12/06/2018	6:05	563	144	25,56	6,85	
12/06/2018	10:35	Teknia Azuqueca	12/06/2018	20:20	562	155	27,56	7,05	
12/06/2018	21:45	Seat Martorell	13/06/2018	5:15	563	147	26,19	6,95	
13/06/2018	7:55	Teknia Azuqueca	13/06/2018	18:30	558	151	27,06	6,80	
							<b>26,59</b>		
					seat-teknia	27,31	<b>5 TM CARGA</b>		

					<b>teknia-seat</b>	<b>25,87</b>	<b>7 TM CARGA</b>		
--	--	--	--	--	--------------------	--------------	-------------------	--	--

## Giga-Tráiler

Tabla C2: Tabla resumen vehículo Giga-Tráiler

		TARA TM		TARA MEDIA 23000 KG						
<b>TRACTORA</b>	<b>4860JSM</b>	<b>9,147</b>						<b>VOLUMEN 150 M3</b>		
<b>LINK</b>	<b>R1801BCW</b>	<b>6,18</b>								
<b>SEMI REMOLQUE</b>	<b>R4671BCX</b>	<b>6,739</b>								
<b>GASOIL 1500 LTS</b>		<b>0,2 - 1,260</b>								
<b>SALIDA</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>LLEGADA</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>KM</b>	<b>LTS</b>	<b>LTS/100KM</b>	<b>HORAS MOTOR</b>	<b>PESO NETO</b>
Seat Martorell	01/03/2018	19:45	Teknia Azuqueca	02/03/2018	6:35	558	170	30,53	7,00	2169
Teknia Azuqueca	02/03/2018	8:20	Seat Martorell	02/03/2018	17:00	560	160	28,54	6,80	3413
Seat Martorell	02/03/2018	20:00	Teknia Azuqueca	05/03/2018	6:25	557	170	30,58	6,75	5396
Teknia Azuqueca	05/03/2018	8:15	Seat Martorell	05/03/2018	18:00	558	146	26,15	6,60	3417
Seat Martorell	05/03/2018	21:50	Teknia Azuqueca	06/03/2018	6:20	557	183	32,82	6,65	6580
Teknia Azuqueca	06/03/2018	7:55	Seat Martorell	06/03/2018	17:00	564	147	26,12	6,75	3416
Seat Martorell	06/03/2018	20:30	Teknia Azuqueca	07/03/2018	6:30	558	178	31,96	6,70	7960
Teknia Azuqueca	07/03/2018	8:05	Seat Martorell	07/03/2018	16:50	559	147	26,38	6,80	3416
Seat Martorell	07/03/2018	20:00	Teknia Azuqueca	08/03/2018	6:25	557	168	30,24	6,70	5459

Teknia Azuqueca	08/03/2018	7:50	Seat Martorell	08/03/2018	16:55	558	154	27,56	6,75	3415
Seat Martorell	08/03/2018	20:05	Teknia Azuqueca	09/03/2018	6:35	557	166	29,88	6,65	4275
Teknia Azuqueca	09/03/2018	7:45	Seat Martorell	09/03/2018	17:00	558	152	27,31	6,70	3415
Seat Martorell	09/03/2018	21:15	Teknia Azuqueca	12/03/2018	6:40	553	181	32,78	6,70	7416
Teknia Azuqueca	12/03/2018	8:00	Seat Martorell	12/03/2018	16:50	558	150	26,97	6,70	5693
Seat Martorell	12/03/2018	21:00	Teknia Azuqueca	13/03/2018	6:45	558	174	31,22	6,65	5900
Teknia Azuqueca	13/03/2018	8:10	Seat Martorell	13/03/2018	16:45	558	157	28,12	6,75	5425
Seat Martorell	13/03/2018	21:50	Teknia Azuqueca	14/03/2018	6:35	558	174	31,27	6,70	6328
Teknia Azuqueca	14/03/2018	8:45	Seat Martorell	14/03/2018	16:45	558	162	29,09	6,80	4132
Seat Martorell	14/03/2018	19:45	Teknia Azuqueca	15/03/2018	6:35	557	174	31,33	6,70	5512
Teknia Azuqueca	15/03/2018	8:30	Seat Martorell	15/03/2018	18:00	561	161	28,58	6,80	8890
Seat Martorell	15/03/2018	20:20	Teknia Azuqueca	16/03/2018	6:25	558	172	30,88	6,65	6056
Teknia Azuqueca	16/03/2018	8:45	Seat Martorell	16/03/2018	17:05	558	148	26,5	6,65	3416
Seat Martorell	16/03/2018	21:40	Teknia Azuqueca	19/03/2018	6:10	556	176	31,62	6,80	5313
Teknia Azuqueca	19/03/2018	8:20	Seat Martorell	19/03/2018	17:15	563	152	26,99	7,00	3827
Seat Martorell	19/03/2018	20:55	Teknia Azuqueca	20/03/2018	6:15	558	193	34,56	6,95	5847
Teknia Azuqueca	20/03/2018	10:05	Seat Martorell	21/03/2018	18:00	565	182	32,21	6,90	8887
Seat Martorell	21/03/2018	20:20	Teknia Azuqueca	22/03/2018	7:45	551	179	32,48	6,75	5492

Teknia Azuqueca	22/03/2018	9:00	Seat Martorell	22/03/2018	17:10	559	156	27,89	6,80	3415
Seat Martorell	22/03/2018	20:25	Teknia Azuqueca	23/03/2018	6:15	551	176	31,93	6,60	4988
Teknia Azuqueca	23/03/2018	8:30	Seat Martorell	23/03/2018	17:15	561	149	26,64	6,85	3777
Seat Martorell	23/03/2018	20:05	Teknia Azuqueca	26/03/2018	6:30	558	176	31,63	6,90	5910
Teknia Azuqueca	26/03/2018	8:20	Seat Martorell	26/03/2018	16:45	552	153	27,8	6,70	3576
Seat Martorell	26/03/2018	21:25	Teknia Azuqueca	27/03/2018	6:30	551	178	32,37	6,75	5910
Teknia Azuqueca	27/03/2018	8:20	Seat Martorell	27/03/2018	17:00	552	150	27,14	6,85	3415
Seat Martorell	27/03/2018	20:35	Teknia Azuqueca	28/03/2018	6:20	558	182	32,68	6,80	6880
Teknia Azuqueca	28/03/2018	8:00	Seat Martorell	28/03/2018	17:15	557	149	26,81	6,75	3416
								<b>29,65</b>		
							seat-teknia	<b>31,71</b>	<b>5,8 TM CARGA</b>	
							teknia-seat	<b>27,6</b>	<b>4,35 TM CARGA</b>	

## Dúo-Tráiler

Tabla C3: Tabla resumen vehículo dúo-tráiler.

		TARA KG	TARA MEDIA 26200 KG							
<b>TRACTORA</b>	<b>4860JSM</b>	<b>9147</b>			<b>VOLUMEN</b>					
<b>SEMI REMOLQUE</b>	<b>R9107BCS</b>	<b>7100</b>			<b>200 M3</b>					
<b>DOLLY</b>	<b>R4941BCZ</b>	<b>2540</b>								
<b>SEMI REMOLQUE</b>	<b>R1836BCX</b>	<b>6800</b>								
<b>GASOIL 1500 LTS</b>		<b>200-1260</b>								
<b>SALIDA</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>LLEGADA</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>KM</b>	<b>LTS</b>	<b>LTS/100KM</b>	<b>HORAS MOTOR</b>	<b>PESO NETO</b>
Teknia Azuqueca	03/10/2018	10:34	Seat Martorell	03/10/2018	17:40	550	208	37,79	6,75	7998
Seat Martorell	03/10/2018	22:25	Teknia Azuqueca	04/10/2018	7:00	548	244	44,54	6,90	16556
Teknia Azuqueca	04/10/2018	10:40	Seat Martorell	04/10/2018	17:45	550	217	39,44	6,65	10612
Seat Martorell	04/10/2018	20:10	Teknia Azuqueca	05/10/2018	6:50	558	240	42,94	7,05	6692
Teknia Azuqueca	05/10/2018	11:30	Seat Martorell	05/10/2018	18:15	550	212	38,62	6,65	7754
Seat Martorell	05/10/2018	21:45	Teknia Azuqueca	08/10/2018	7:15	559	237	42,34	7,10	10984
Teknia Azuqueca	08/10/2018	11:05	Seat Martorell	08/10/2018	17:55	551	214	38,84	6,60	8767

Seat Martorell	08/10/2018	20:35	Teknia Azuqueca	09/10/2018	7:00	556	234	42,16	7,05	11001
Teknia Azuqueca	09/10/2018	10:00	Seat Martorell	09/10/2018	16:45	552	227	41,12	6,65	
Seat Martorell	09/10/2018	20:35	Teknia Azuqueca	10/10/2018	7:25	557	228	41,28	7,15	12897
Teknia Azuqueca	10/10/2018	10:45	Seat Martorell	10/10/2018	18:40	552	220	39,62	7,05	9559
Seat Martorell	10/10/2018	22:05	Teknia Azuqueca	11/10/2018	7:10	556	218	39,84	6,70	9860
Teknia Azuqueca	11/10/2018	11:10	Seat Martorell	11/10/2018	18:50	548	211	38,34	6,90	10754
Seat Martorell	11/10/2018	22:30	Teknia Azuqueca	15/10/2018	6:40	551	226	40,86	7,10	9578
Teknia Azuqueca	15/10/2018	9:50	Seat Martorell	15/10/2018	17:40	554	207	37,45	6,85	10973
Seat Martorell	15/10/2018	22:00	Teknia Azuqueca	16/10/2018	6:50	552	221	40,02	6,95	10772
Teknia Azuqueca	16/10/2018	10:30	Seat Martorell	16/10/2018	21:20	562	222	39,57	7,60	10974
Seat Martorell	16/10/2018	1:05	Teknia Azuqueca	17/10/2018	8:15	551	223	40,42	6,80	
Teknia Azuqueca	17/10/2018	11:05	Seat Martorell	17/10/2018	18:30	556	210	37,77	6,85	12008
Seat Martorell	17/10/2018	20:50	Teknia Azuqueca	18/10/2018	6:40	553	215	38,92	6,95	8374
Teknia Azuqueca	18/10/2018	9:25	Seat Martorell	18/10/2018	17:30	554	222	40,06	7,00	11849
Seat Martorell	18/10/2018	21:30	Teknia Azuqueca	19/10/2018	6:45	552	219	39,62	6,90	9830
Teknia Azuqueca	19/10/2018	10:35	Seat Martorell	19/10/2018	18:05	552	228	41,29	6,70	12523
Seat Martorell	19/10/2018	23:15	Teknia Azuqueca	22/10/2018	7:20	554	223	40,33	7,10	9180
Teknia Azuqueca	22/10/2018	10:20	Seat Martorell	22/10/2018	18:25	556	218	39,24	7,35	12150



Seat Martorell	22/10/2018	21:25	Teknia Azuqueca	23/10/2018	7:10	551	220	39,91	6,70	8981
Teknia Azuqueca	23/10/2018	10:00	Seat Martorell	23/10/2018	17:25	553	212	38,29	6,75	11780
Seat Martorell	23/10/2018	22:15	Teknia Azuqueca	24/10/2018	7:15	553	224	40,47	6,95	9664
Teknia Azuqueca	24/10/2018	9:40	Seat Martorell	24/10/2018	17:15	554	201	36,19	6,65	
Seat Martorell	24/10/2018	20:35	Teknia Azuqueca	25/10/2018	7:15	552	227	41,21	6,85	11866
Teknia Azuqueca	25/10/2018	10:35	Seat Martorell	25/10/2018	17:25	553	209	37,77	6,65	12617
Seat Martorell	25/10/2018	22:00	Teknia Azuqueca	29/10/2018	7:00	608	264	43,36	10,30	11203
Teknia Azuqueca	29/10/2018	11:00	Seat Martorell	29/10/2018	18:00	546	212	38,92	6,55	
Seat Martorell	29/10/2018	23:05	Teknia Azuqueca	30/10/2018	7:00	547	252	46,16	6,95	12450
Teknia Azuqueca	30/10/2018	10:40	Seat Martorell	30/10/2018	17:55	547	227	41,46	6,70	10417
Seat Martorell	30/10/2018	23:15	Teknia Azuqueca	31/10/2018	7:00	545	230	42,23	6,80	
Teknia Azuqueca	31/10/2018	11:05	Seat Martorell	31/10/2018	17:55	547	212	38,85	6,75	
								<b>40,19</b>		
							seat-teknia	<b>41,47</b>	<b>10,68 TM</b>	
							teknia-seat	<b>38,98</b>	<b>10.71 TM</b>	

## ANEXO D

### Tablas para cálculo de emisiones

#### Tráiler

Tabla D1: Cálculo de emisiones para método montañoso en su totalidad.

MONTAÑOSO				
	11-jun	12-jun	12-jun	13-jun
Carga (t)	7	7	5	5
Tara (t)	15,900	15,900	15,900	15,900
Total (t)	22,9	22,9	20,9	20,9
km	555	555	555	555
(l/tkm)	0,02	0,02	0,02	0,02
litros	254,19	254,19	231,99	231,99
Fe	2,67	2,67	2,67	2,67
Toneladas CO <sub>2</sub>	0,6786873	0,6786873	0,6194133	0,6194133
Toneladas CO <sub>2</sub> x2	1,3573746	1,3573746	1,2388266	1,2388266

Tabla D2: Cálculo de emisiones para método mixto.

Mixto				
	11-jun	12-jun	12-jun	13-jun
Carga (t)	7	7	5	5
Tara (t)	15,9	15,9	15,9	15,9
Total (t)	22,9	22,9	20,9	20,9
km mont	255	255	367	367
km llano	300	300	188	188
l/t-km mont	0,02	0,02	0,02	0,02
l/t-km llano	0,016	0,016	0,016	0,016
litros	226,71	226,71	216,2732	216,2732
fe	2,67	2,67	2,67	2,67
Toneladas CO <sub>2</sub>	0,6053157	0,6053157	0,577449444	0,57744944
Toneladas x2	1,2106314	1,2106314	1,154898888	1,15489889

Tabla D3: Cálculo de emisiones para EcoTransIT.

ECOTRANSIT				
	11-jun	12-jun	12-jun	13-jun
Carga (t)	7	7	5	5
Tara (t)	15,9	15,9	15,9	15,9
Total (t)	22,9	22,9	20,9	20,9
Toneladas CO <sub>2</sub>	0,371	0,378	0,4	0,39
Toneladas x2	0,742	0,756	0,8	0,78

Tabla D4: Cálculo de emisiones para método consumos.

CONSUMO	11-jun	12-jun	12-jun	13-jun
Litros	144	147	151	155
Fe	2,67	2,67	2,67	2,67
Toneladas de CO <sub>2</sub>	0,38448	0,39249	0,40317	0,41385

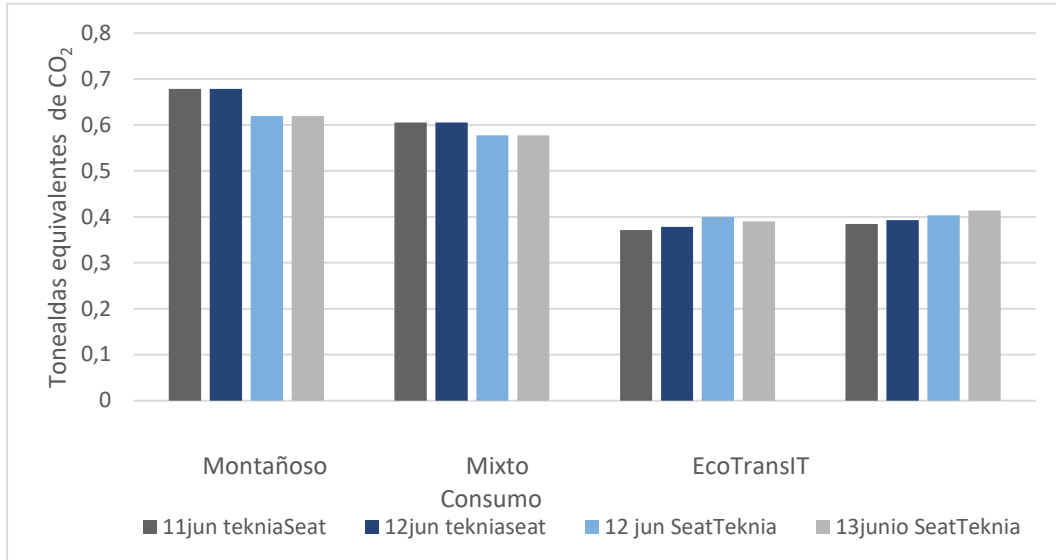


Figura D1: Gráfica comparativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> según día y metodología en un vehículo tráiler.

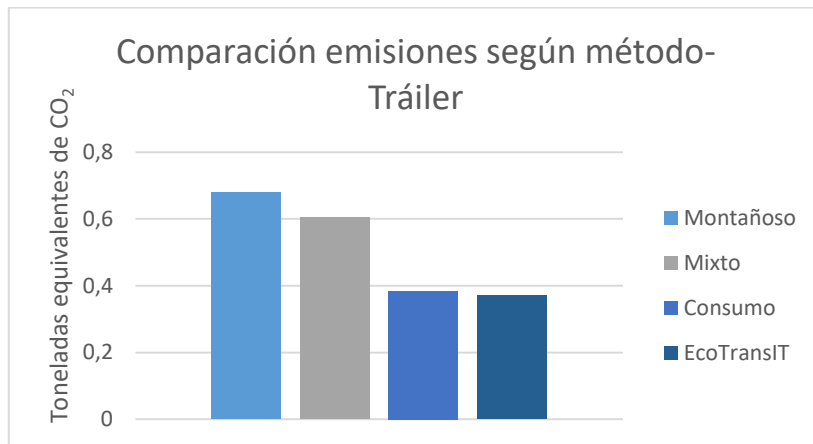


Figura D2: Comparación de emisiones según método utilizado en un vehículo tráiler.

## Giga-tráiler

Tabla D5: Cálculo de emisiones para método montañoso en su totalidad.

MONTAÑOSO				
	06-mar	15-mar	12-mar	09-mar
Carga (t)	3,416	8,89	5,9	7,416
Tara (t)	23,000	23,000	23,000	23,000
Total (t)	26,416	31,89	28,9	30,416
km	555	555	555	555
(l/tkm)	0,02	0,02	0,02	0,02
litros	293,2176	353,979	320,79	337,6176
Fe	2,67	2,67	2,67	2,67
Toneladas CO <sub>2</sub>	0,782891	0,945124	0,856509	0,901439

Tabla D6: Cálculo de emisiones para método mixto.

MIXTO				
	06-mar	15-mar	12-mar	09-mar
Carga (t)	3,416	8,89	5,9	7,416
Tara (t)	23	23	23	23
Total (t)	26,416	31,89	28,9	30,416
km mont	255	255	367	367
km llano	300	300	188	188
l/tkm mont	0,02	0,02	0,02	0,02
l/tkm llano	0,016	0,016	0,016	0,016
litros	261,5184	315,711	299,0572	314,7448
fe	2,67	2,67	2,67	2,67
Toneladas CO <sub>2</sub>	0,698254	0,842948	0,798483	0,840369

Tabla D8: Cálculo de emisiones para EcoTransIT.

ECOTRANSIT				
	06-mar	15-mar	12-mar	09-mar
Carga (t)	3,416	8,89	5,9	7,416
Tara (t)	23	23	23	23
Total (t)	26,416	31,89	28,9	30,416
Toneladas CO <sub>2</sub>	0,38	0,42	0,46	0,47

Tabla D9: Cálculo de emisiones para método consumos.

CONSUMO				
	06-mar	15-mar	12-mar	09-mar
Litros	142	161	177	181
Fe	2,67	2,67	2,67	2,67
Toneladas CO <sub>2</sub>	0,379	0,430	0,473	0,483

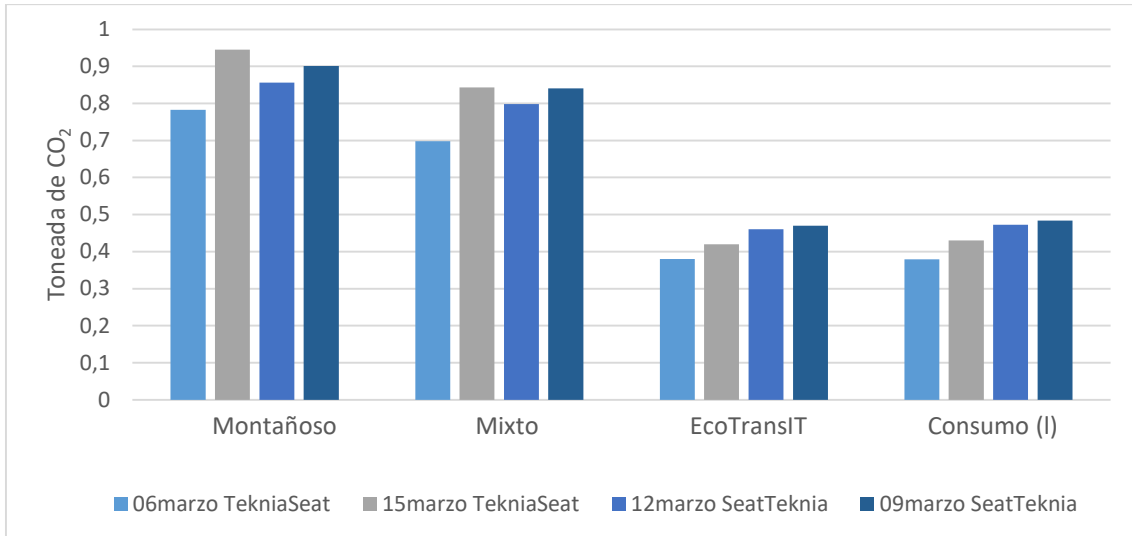


Figura D3: Gráfica comparativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> según día y metodología en un vehículo giga-tráiler.

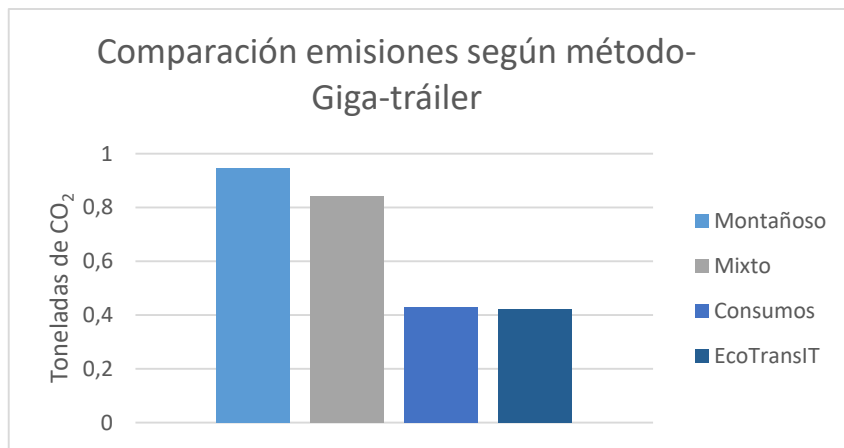


Figura D4: Comparación de emisiones según método utilizado en un vehículo giga-tráiler.

## Dúo-Tráiler

Tabla D10: Cálculo de emisiones para método montañoso en su totalidad.

MONTAÑOSO				
	10-oct	17-oct	11-oct	05-oct
Carga (t)	9,558	12,008	9,578	10,984
Tara (t)	26,200	26,200	26,200	26,200
Total (t)	35,758	38,208	35,778	37,184
km	555	555	555	555
(l/tkm)	0,02	0,02	0,02	0,02
litros	396,9138	424,1088	397,1358	412,7424
Fe	2,67	2,67	2,67	2,67
Toneladas CO <sub>2</sub>	1,05975985	1,1323705	1,06035259	1,10202221

Tabla D11: Cálculo de emisiones para método mixto.

MIXTO				
	10-oct	17-oct	11-oct	05-oct
Carga (t)	9,558	12,008	9,578	10,984
Tara (t)	26,2	26,2	26,2	26,2
Total (t)	35,758	38,208	35,778	37,184
km mont	255	255	367	367
km llano	300	300	188	188
l/tkm mont	0,02	0,02	0,02	0,02
l/tkm llano	0,016	0,016	0,016	0,016
litros	354,0042	378,2592	370,230744	384,780032
fe	2,67	2,67	2,67	2,67
Toneladas CO <sub>2</sub>	0,94519121	1,00995206	0,98851609	1,02736269

Tabla D12: Cálculo de emisiones para EcoTransIT.

ECOTRANSIT				
	10-oct	17-oct	11-oct	05-oct
Carga (t)	9,558	12,008	9,578	10,984
Tara (t)	26,2	26,2	26,2	26,2
Total (t)	35,758	38,208	35,778	37,184
Toneladas CO <sub>2</sub>	0,56	0,53	0,57	0,6

Tabla D13: Cálculo de emisiones para método consumos

CONSUMO				
	10-oct	17-oct	11-oct	05-oct
Litros	220	210	226	237
Fe	2,67	2,67	2,67	2,67
Toneladas CO <sub>2</sub>	0,5874	0,5607	0,60	0,63279

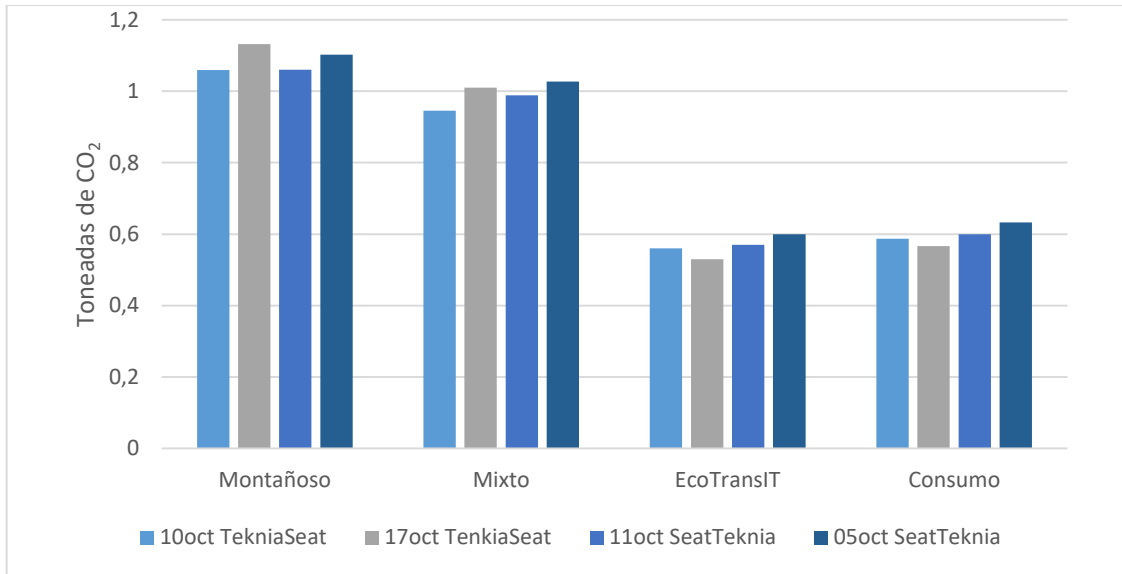


Figura D5: Gráfica comparativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> según día y metodología en un vehículo dúo-tráiler.

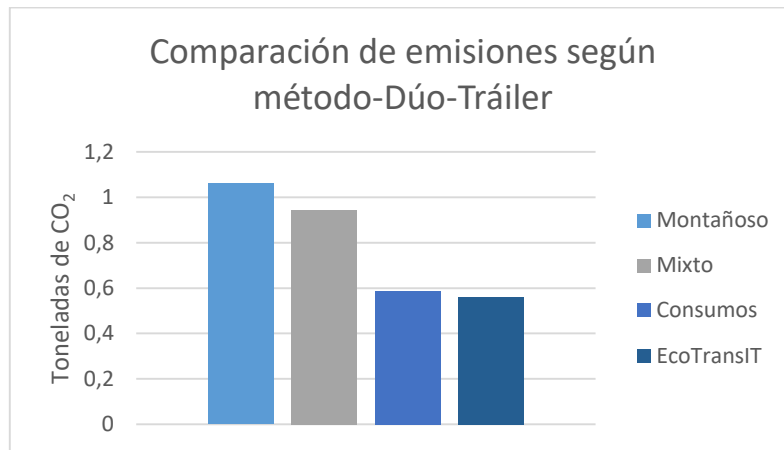
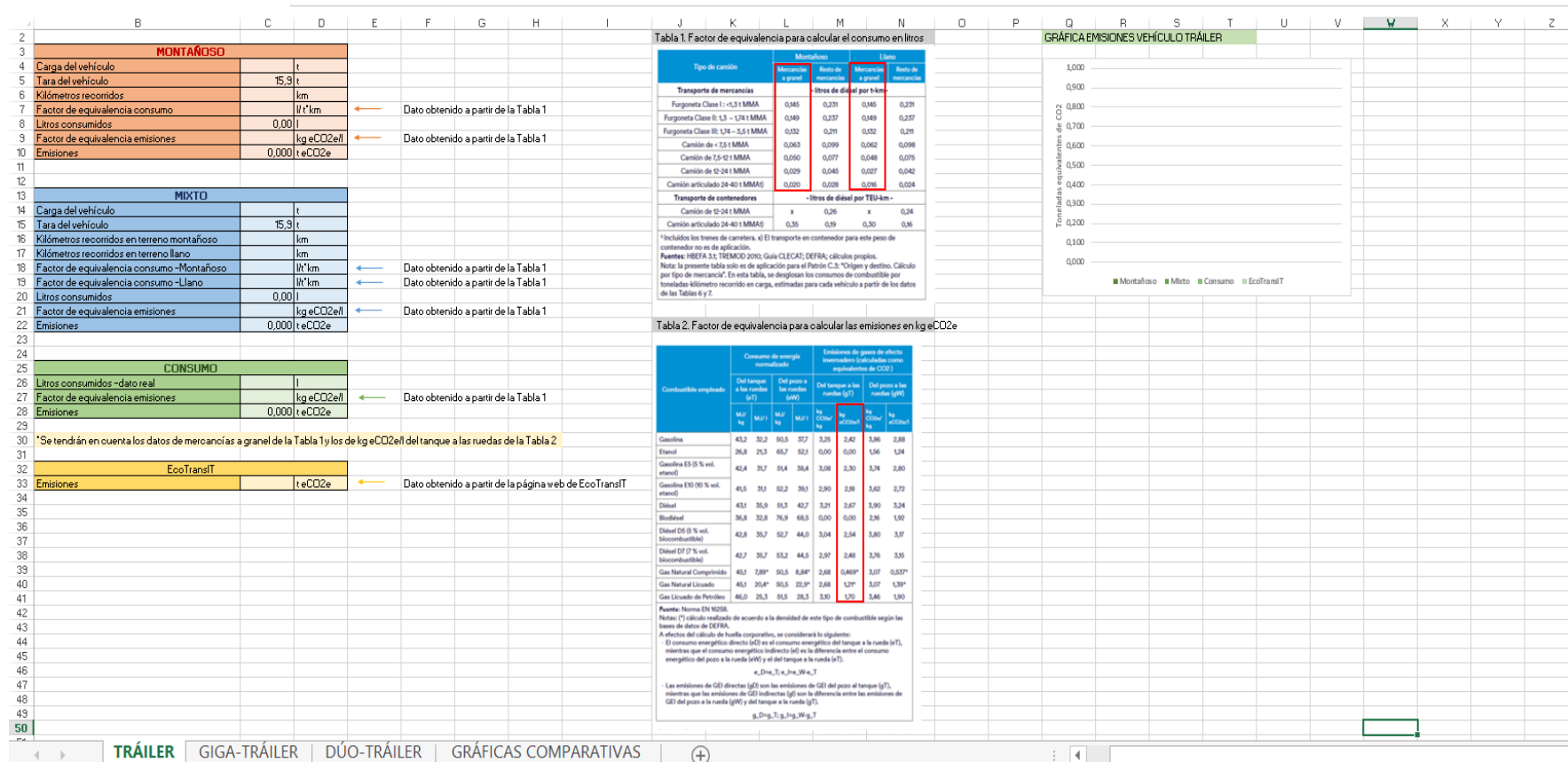


Figura D6: Comparación de emisiones según método utilizado en un vehículo dúo-tráiler.

## ANEXO E

### Plantilla Excel





Análisis de los factores que influyen en las emisiones de un vehículo industrial modular "DuoTrailer" en operaciones de transporte.

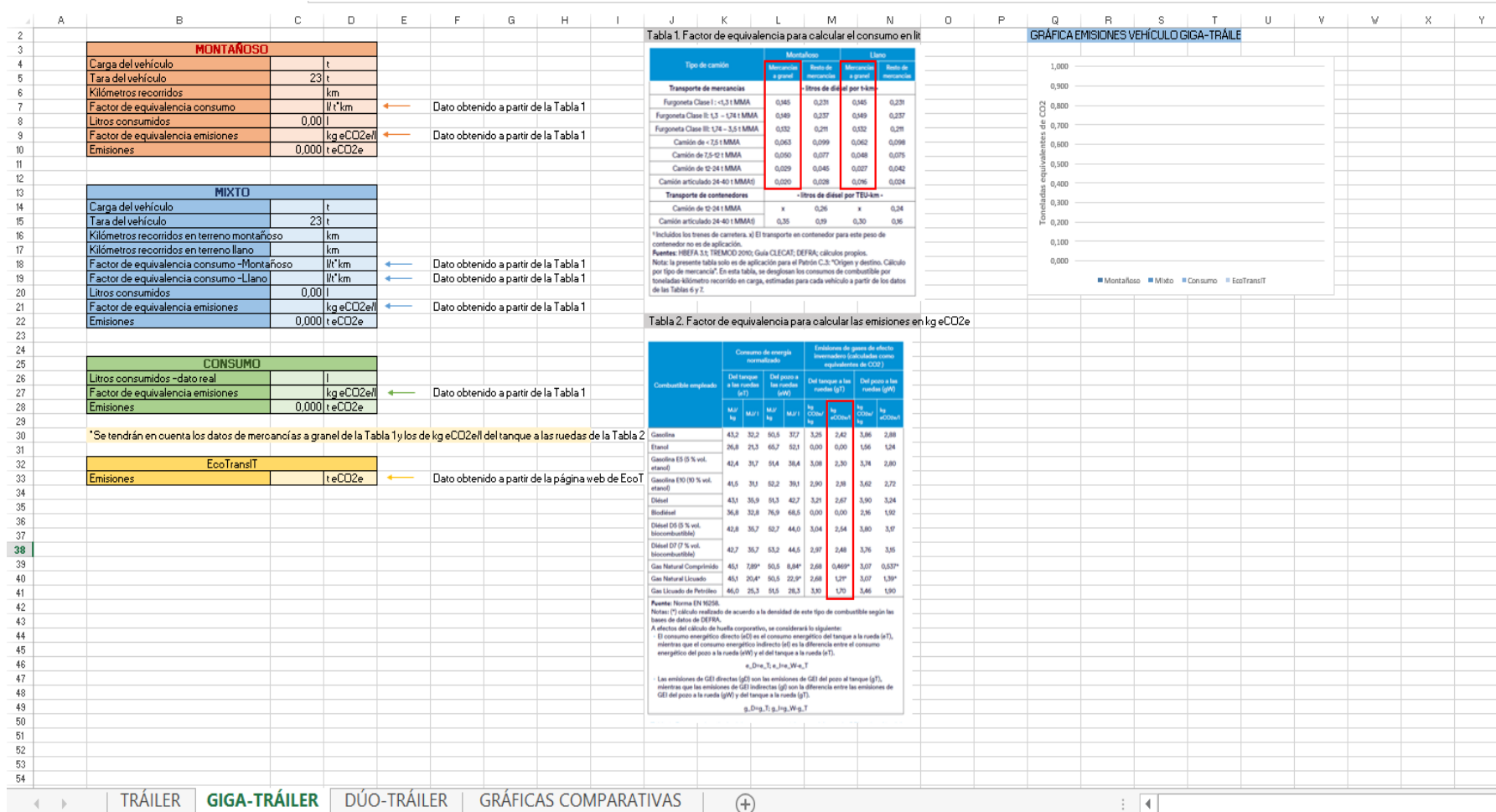


Figura E2: Plantilla para el cálculo de emisiones de un vehículo giga-tráiler para métodos de AECOC.

Análisis de los factores que influyen en las emisiones de un vehículo industrial modular "DuoTrailer" en operaciones de transporte.

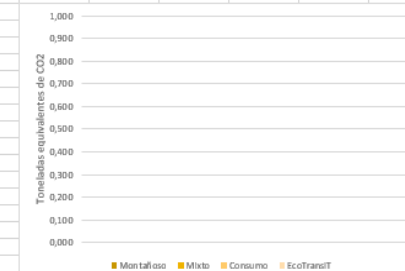
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y																																																																							
2									Tabla 1. Factor de equivalencia para calcular el consumo en litros													GRÁFICA EMISIONES VEHICULO DUO-TRAILER																																																																									
3	<b>MONTAÑOSO</b>								<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo de camión</th> <th colspan="2">Montañoso</th> <th colspan="2">Llano</th> </tr> <tr> <th>Mercancías a granel</th> <th>Resto de mercancías</th> <th>Mercancías a granel</th> <th>Resto de mercancías</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5" style="text-align:center">Transporte de mercancías</td> </tr> <tr> <td>Furgoneta Clase I: &lt;1,3 t MMA</td> <td>0,445</td> <td>0,231</td> <td>0,445</td> <td>0,231</td> </tr> <tr> <td>Furgoneta Clase II: 1,3 - 1,74 t MMA</td> <td>0,449</td> <td>0,237</td> <td>0,449</td> <td>0,237</td> </tr> <tr> <td>Furgoneta Clase III: 1,74 - 3,5 t MMA</td> <td>0,532</td> <td>0,211</td> <td>0,532</td> <td>0,211</td> </tr> <tr> <td>Camión de &lt;7,5 t MMA</td> <td>0,063</td> <td>0,099</td> <td>0,062</td> <td>0,098</td> </tr> <tr> <td>Camión de 7,5-12 t MMA</td> <td>0,050</td> <td>0,077</td> <td>0,048</td> <td>0,075</td> </tr> <tr> <td>Camión de 12-24 t MMA</td> <td>0,029</td> <td>0,045</td> <td>0,027</td> <td>0,042</td> </tr> <tr> <td>Camión articulado 24-40 t MMA(x)</td> <td>0,020</td> <td>0,028</td> <td>0,016</td> <td>0,024</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align:center">Transporte de contenedores</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align:center">- litros de diésel por TEU-km -</td> </tr> <tr> <td>Camión de 12-24 t MMA</td> <td>x</td> <td>0,26</td> <td>x</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td>Camión articulado 24-40 t MMA(x)</td> <td>0,35</td> <td>0,59</td> <td>0,30</td> <td>0,36</td> </tr> </tbody> </table> <p> <small>*Incluidos los trenes de carretera. x) El transporte en contenedor para este peso de contenedor no es de aplicación.            Fuentes: HBEFA 3.1; TREMOD 2010; Guía CLECAT; DEFRA; cálculos propios.            Nota: la presente tabla solo es de aplicación para el Patrón C.3: "Origen y destino. Cálculo por tipo de mercancía". En esta tabla, se desglosan los consumos de combustible por toneladas-kilómetro recorrido en carga, estimadas para cada vehículo a partir de los datos de las Tablas 6 y 7.</small> </p>													Tipo de camión	Montañoso		Llano		Mercancías a granel	Resto de mercancías	Mercancías a granel	Resto de mercancías	Transporte de mercancías					Furgoneta Clase I: <1,3 t MMA	0,445	0,231	0,445	0,231	Furgoneta Clase II: 1,3 - 1,74 t MMA	0,449	0,237	0,449	0,237	Furgoneta Clase III: 1,74 - 3,5 t MMA	0,532	0,211	0,532	0,211	Camión de <7,5 t MMA	0,063	0,099	0,062	0,098	Camión de 7,5-12 t MMA	0,050	0,077	0,048	0,075	Camión de 12-24 t MMA	0,029	0,045	0,027	0,042	Camión articulado 24-40 t MMA(x)	0,020	0,028	0,016	0,024	Transporte de contenedores					- litros de diésel por TEU-km -					Camión de 12-24 t MMA	x	0,26	x	0,24	Camión articulado 24-40 t MMA(x)	0,35	0,59	0,30	0,36					
Tipo de camión	Montañoso		Llano																																																																																												
	Mercancías a granel	Resto de mercancías	Mercancías a granel	Resto de mercancías																																																																																											
Transporte de mercancías																																																																																															
Furgoneta Clase I: <1,3 t MMA	0,445	0,231	0,445	0,231																																																																																											
Furgoneta Clase II: 1,3 - 1,74 t MMA	0,449	0,237	0,449	0,237																																																																																											
Furgoneta Clase III: 1,74 - 3,5 t MMA	0,532	0,211	0,532	0,211																																																																																											
Camión de <7,5 t MMA	0,063	0,099	0,062	0,098																																																																																											
Camión de 7,5-12 t MMA	0,050	0,077	0,048	0,075																																																																																											
Camión de 12-24 t MMA	0,029	0,045	0,027	0,042																																																																																											
Camión articulado 24-40 t MMA(x)	0,020	0,028	0,016	0,024																																																																																											
Transporte de contenedores																																																																																															
- litros de diésel por TEU-km -																																																																																															
Camión de 12-24 t MMA	x	0,26	x	0,24																																																																																											
Camión articulado 24-40 t MMA(x)	0,35	0,59	0,30	0,36																																																																																											
4	Carga del vehículo		t																																																																																												
5	Tara del vehículo	26,2	t																																																																																												
6	Kilómetros recorridos		km																																																																																												
7	Factor de equivalencia consumo		l/t*km																																																																																												
8	Litros consumidos	0,00	l																																																																																												
9	Factor de equivalencia emisiones		kg eCO2e/l																																																																																												
10	Emisiones	0,000	t eCO2e																																																																																												
11																																																																																															
12																																																																																															
13	<b>MIXTO</b>																																																																																														
14	Carga del vehículo		t																																																																																												
15	Tara del vehículo	26,2	t																																																																																												
16	Kilómetros recorridos en terreno montañoso		km																																																																																												
17	Kilómetros recorridos en terreno llano		km																																																																																												
18	Factor de equivalencia consumo -Montañoso		l/t*km																																																																																												
19	Factor de equivalencia consumo -Llano		l/t*km																																																																																												
20	Litros consumidos	0,00	l																																																																																												
21	Factor de equivalencia emisiones		kg eCO2e/l																																																																																												
22	Emisiones	0,000	t eCO2e																																																																																												
23																																																																																															
24																																																																																															
25	<b>CONSUMO</b>																																																																																														
26	Litros consumidos -dato real		l																																																																																												
27	Factor de equivalencia emisiones		kg eCO2e/l																																																																																												
28	Emisiones	0,000	t eCO2e																																																																																												
29																																																																																															
30	*Se tendrán en cuenta los datos de mercancías a granel de la Tabla 1 y los de kg eCO2e/l del tanque a las ruedas de la Tabla 2																																																																																														
31																																																																																															
32	<b>EcoTransIT</b>																																																																																														
33	Emisiones		t eCO2e																																																																																												
34																																																																																															
35																																																																																															
36																																																																																															
37																																																																																															
38																																																																																															
39																																																																																															
40																																																																																															
41																																																																																															
42																																																																																															
43																																																																																															
44																																																																																															
45																																																																																															
46																																																																																															
47																																																																																															
48																																																																																															
49																																																																																															
50																																																																																															
51																																																																																															
52																																																																																															
53																																																																																															
54																																																																																															

Figura E3: Plantilla para el cálculo de emisiones de un vehículo dúo-tráiler para métodos de AECOC.

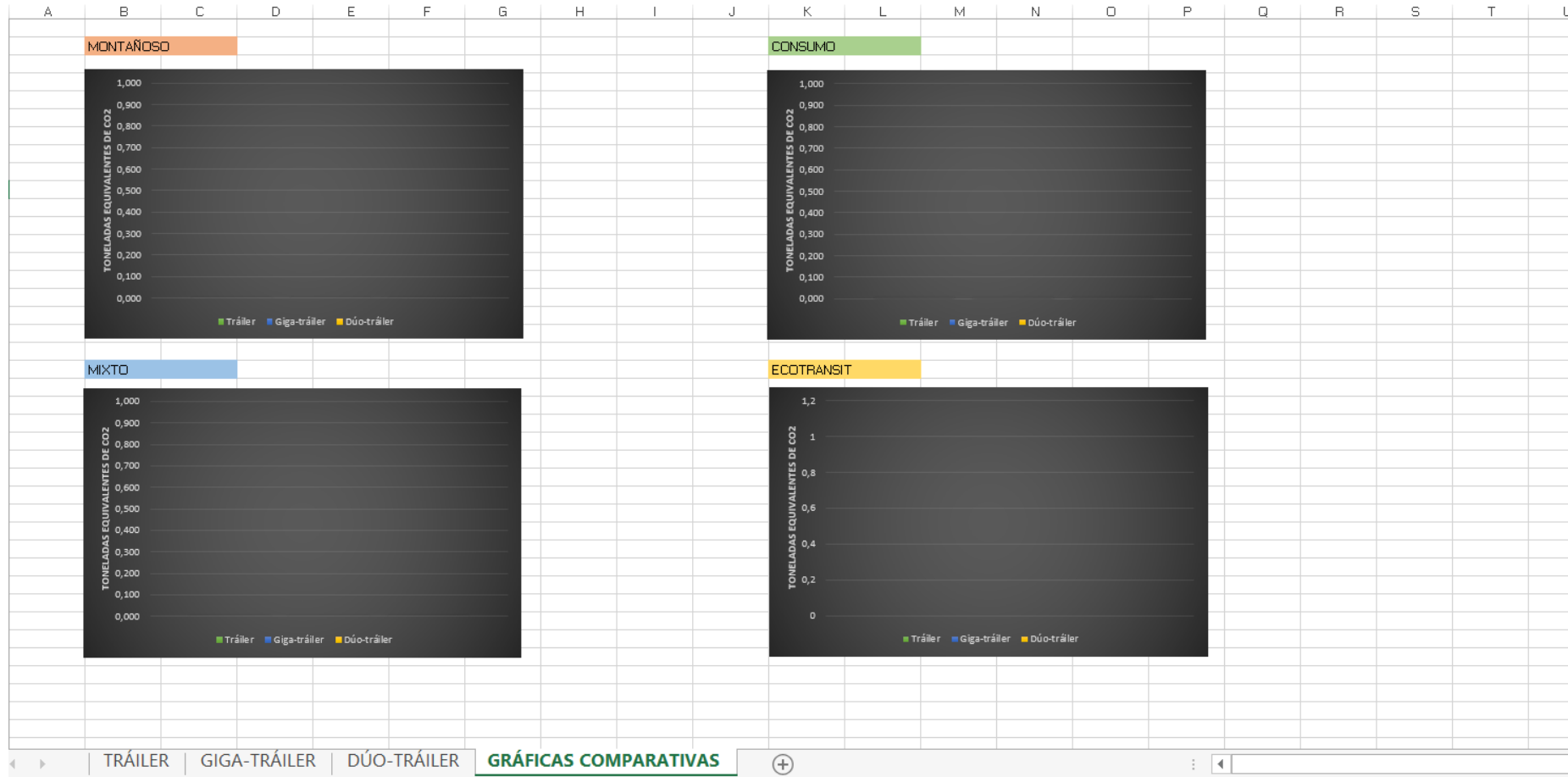


Figura E4: Plantilla para la comparación de emisiones entre los diferentes vehículos y los diferentes métodos.

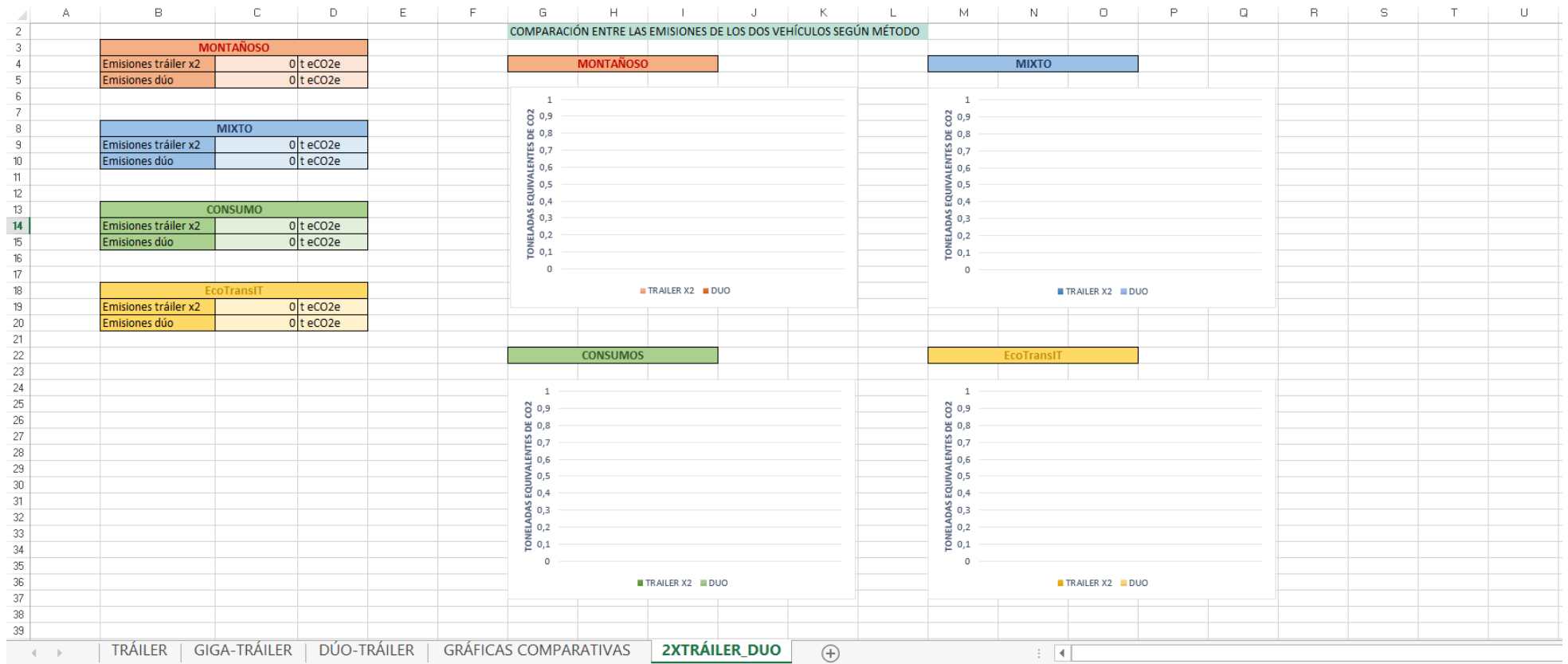


Figura E5: Plantilla para la comparación de emisiones entre los diferentes métodos para dos vehículos tráiler y uno dúo.

