

Trabajo Fin de Máster



Análisis de las operaciones de transporte y estudio de la logística inversa que mejore la huella de carbono.

Analysis of transport operations and study of reverse logistics that improve the carbon footprint

Autor:

Olga Julián Montaner

Directores:

Emilio Larrodé Pellicer

María Victoria Muerza Marín

Máster Economía Circular 2023

Dpto. Ingeniería Mecánica



Universidad
Zaragoza

upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA

RESUMEN

En la sociedad, cada vez somos más conscientes de los efectos que está provocando el cambio climático en nuestro entorno y la importancia de mitigarlo a través de diferentes medidas que podamos aplicar, tanto en nuestra vida cotidiana como las empresas en su actividad empresarial. El presente trabajo ahonda en el estudio de la situación de una empresa real referente al impacto ambiental generado en las diferentes fases que se dan en el desarrollo de su actividad. Para el estudio se calcula la huella de carbono de dichas fases mediante dos métodos de cálculo, lo que nos permita contrastar los resultados y detectar aquellas fases en las que se producen una mayor emisión de kg de CO₂ equivalente y es posible paliarla.

El estudio se centra en el planteamiento de diferentes medidas con el objetivo de demostrar que su implantación permite mitigar las emisiones. Para ello se calcula la huella de carbono en caso de su aplicación, lo que permite contrastar los resultados obtenidos con los iniciales, analizando así si se ha producido una mejora, o si por lo contrario, se deben buscar más alternativas. El objetivo es demostrar como las empresas, independientemente de su tamaño, pueden aplicar diferentes medidas que les permitan reducir notablemente su impacto ambiental. Además de las fases de la actividad empresarial, también se estudia la generación de residuos de los materiales empleados para la comercialización de su producto y la posible gestión por gestores especializados.

ABSTRACT

In this society, we are increasingly more concerned about the effects that are being provoked by the climate change in our lives, and the importance of trying to stop it from going further thanks to the different actions that we can proceed with, not only in our lives but in the companies with their daily activities too. This work goes deeply through the situation of a real company, by means of the analysis of the environmental impact that is being generated in the different phases that take place during their development in terms of their activity. To go on with the study, it is crucial to calculate the phases of the carbon footprint thanks to two calculation methods, which will allow us to compare the results and detect those phases in which the most part of kilograms of the CO₂ equivalent emissions are produced and it is possible to mitigate it.

This study focus on the approach of different measures with the main purpose to show that the implantation of it makes possible to stop the emissions, for that, the carbon footprint is calculated in case it is applied, which allows us to compare the outcomes that are obtained with the previous ones, analyzing whether there is an improvement, or for the contrary, if it is needed to look for more choices.

The main purpose is to show how the companies, no matter their size, can apply different measures that allow them to reduce their impact in the environment in a significant way. Moreover, not only the different phases of the business activities are studied, but also the generation of the material waste that is used to commercialize their products and the possible management by specialized managers is also approached.

Palabras Clave: CO₂e, huella de carbono, Masa Máxima Autorizada, MITECO, AECOC

INDICE

1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN	4
1.1 Objetivo.....	4
1.2 Alcance.....	4
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
3. METODOLOGÍA	6
4. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO	8
4.1 Cómo calcular la huella de carbono	8
4.1.1 AECOC	9
4.1.2 MITECO.....	14
4.2 Fase 1. Aprovisionamiento.....	16
4.3 Fase 2. Producción	20
4.4 Fase 3. Distribución.....	21
4.5 Comparativa	25
5. MEJORA Y REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO	30
5.1 Agrupación de compras.....	30
5.2 Agrupación de ventas por zonas.....	33
5.3 Agrupación pedidos ventas por fechas.....	37
5.4 Gestión de los envases.....	39
6. RESULTADOS.....	41
6.1 Comparativa de vehículos	41
6.2 Agrupaciones de pedidos de compra.....	42
6.3 Agrupación de pedidos de venta por zonas	44
6.4 Agrupación de pedidos de venta en calendario	45
6.5 Gestión de los residuos.....	47
7. CONCLUSIONES	49
8. BIBLIOGRAFIA.....	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de vehículo	9
Tabla 2. Peso del contenedor TEU para los diferentes tipos de mercancías AECOC	10
Tabla 3. Consumos litro diésel según vehículo según AECOC.....	10
Tabla 4. Consumo específico de combustible por la propulsión del vehículo en términos de tonelada-kilómetro o TEU-kilómetro AECOC.....	11
Tabla 5. Datos caso práctico pedido de venta a Sevilla.....	12
Tabla 6. Resultado caso práctico AECOC.....	14
Tabla 7. Factores de emisión en CO ₂ e MITECO. Consumo litros de diésel	15
Tabla 8. Emisiones generadas por tramos método MITECO	16
Tabla 9. Huella de carbono fase Aprovisionamiento. Semestre 1 de 2020 datos AECOC 1	17
Tabla 10. Huella de carbono fase Aprovisionamiento. Semestre 1 de 2020 datos AECOC 2....	18
Tabla 11. Huella de carbono fase de Aprovisionamiento. Semestre 1 de 2020 datos MITECO .	19
Tabla 12. Huella de carbono fase de producción.....	21
Tabla 13. Huella de carbono fase de Distribución. Datos AECOC 1	22
Tabla 14. Huella de carbono fase de Distribución. Datos AECOC 2	23
Tabla 15. Huella de carbono fase de Distribución. Datos MITECO	24
Tabla 16. Contraste emisión kg CO ₂ e fase aprovisionamiento AECOC-MITECO.....	25
Tabla 17. Contraste emisión kg CO ₂ e fase distribución AECOC-MITECO	26
Tabla 18. Comparativa litros diésel consumidos en 100 km. Método MITECO y AECOC	27
Tabla 19. Huella de Carbono por fases.....	28
Tabla 20. Caso práctico pedidos de compra de un proveedor a agrupar	30
Tabla 21. Resultado caso práctico agrupación pedido proveedor	31
Tabla 22. Emisiones de kg CO ₂ e, agrupación de pedidos fase Aprovisionamiento	31
Tabla 23. Emisiones de CO ₂ e Pedidos agrupados por proveedor fase de aprovisionamiento 2020	32
Tabla 24. Caso práctico agrupación de ventas por provincias.....	33
Tabla 25. Pedidos de venta de la provincia de Barcelona agrupado	34
Tabla 26. Emisiones de CO ₂ e fase distribución agrupado por zonas. Caso práctico grupo ID 11	35
Tabla 27. Emisiones de CO ₂ e. Fase distribución agrupado por zonas.....	35
Tabla 28. Fase de distribución, pedidos agrupados por zonas. Casos prácticos desglosados (MITECO).....	36
Tabla 29. Emisiones de CO ₂ . Agrupación día 10/01/2020 fase distribución	38

Tabla 30. Peso en gramos de los materiales	39
Tabla 31. Pallets según kg de la mercancía	40
Tabla 32. N° de pallets mensual	40
Tabla 33. N° de productos usados anualmente	40
Tabla 34. Residuos generados (kg).....	41
Tabla 35. Comparativa vehiculos N1, N2 y N3	42
Tabla 36. Comparativa emisiones kg de CO2e pedidos de compra.	43
Tabla 37. Tasa de reducción emisiones de kg CO2e agrupación pedidos compras y comparativa de n° de pedidos realizados	43
Tabla 38. Comparativa n° envíos a la plataforma logística tras la agrupación por zonas.....	44
Tabla 39. Comparativa emisiones kg de CO2e pedidos de ventas agrupados por zonas	45
Tabla 40. Comparativa n° recogidas de envío de pedidos de compras tras la agrupación por fechas	46
Tabla 41. Comparativa emisiones kg de CO2e pedidos de ventas agrupados por fechas	47
Tabla 42. Tarifa envases domésticos	48
Tabla 43. Cuota por la gestión de los materiales de Ecoembes (tarifa 2024 envases domésticos)	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. kWh consumidos mensualmente 2020-2022	29
Figura 2. Fase de producción. Emisión de kg de CO2e	29

1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

1.1 Objetivo

En la presente memoria de Trabajo de Fin de Máster se analiza la importancia de la reducción de las emisiones de CO₂ equivalente (CO₂e) derivadas de la actividad empresarial. Para ello se estudia el impacto generado en una empresa real. Por confidencialidad se han suprimido los datos de la empresa que a partir de ahora denominaremos EMPRESA. Se analiza su impacto ambiental en las fases de aprovisionamiento, producción y distribución. El cálculo de la huella de carbono nos permite identificar en que fases se produce una mayor emisión de gases contaminantes, para buscar así diferentes alternativas que permitan una reducción del impacto ambiental.

1.2 Alcance

EMPRESA es una pequeña pyme consolidada del sector de la industria, concretamente en las tomas de tierras, constituida en 1993. Se dedica a la investigación, desarrollo y fabricación de productos activadores para la mejora de la conductividad del terreno, puesto que permite bajar la resistencia de la tierra.

Dentro de la cartera de productos encontramos diferentes activadores en función de las características de la superficie de la zona a trabajar. Se trata de un producto líquido que no es perecedero ni requiere de unas condiciones específicas para su conservación. Además, la empresa facilita instrucciones de uso, asesoramiento sobre la cantidad y el tipo de producto que se puede necesitar en base a la superficie, y asistencia técnica gratuita tanto a los distribuidores como a los clientes finales.

Como se acaba de mencionar, en esta memoria se procede al análisis de la huella de carbono de la empresa, para lo que se estudian las emisiones de kg de CO₂ equivalente que se producen en los tres procesos (aprovisionamiento, producción, distribución) en los últimos 3 ejercicios (2020, 2021 y 2022). En la fase de aprovisionamiento se estudian las materias primas compradas, centrándonos en el trayecto que realizan hasta que se suministran a la empresa. Posteriormente, se valora el impacto de la fase de producción, que, tal y como se verá, es muy bajo, dado que la fabricación del producto es muy sencilla, pues tan solo se precisa de un motor y una bomba. Finalmente, se analiza el proceso de distribución. Dado que la empresa es pequeña y vende su producto a diferentes puntos de España y Portugal, la distribución la realizan dos empresas externas, por lo que se estudia cómo se podrían organizar las ventas de forma que, a pesar de no distribuirlo desde EMPRESA, se pueda reducir el impacto ambiental.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En las últimas décadas, se ha destacado el calentamiento global derivado de la acción del hombre, puesto que a partir de la industrialización las emisiones de gases de efecto invernadero de la actividad empresarial se han disparado, produciendo así un aumento de la temperatura a nivel mundial, que a su vez ha provocado mayores situaciones extremas, como sequías, inundaciones o huracanes, entre otros, lo que conlleva a una mayor inversión en mantener el hábitat confortable en las ciudades tras un desastre natural, tal y como indican Mondragon, Sandoval y Breña (2019). Además, también motiva el deshielo en los polos y la extinción de determinadas especies. Todas estas consecuencias derivadas de la acción humana hacen plantear la necesidad con urgencia de mitigar o revertir las emisiones de gases de efecto invernadero, problemática de la que cada vez es más consciente la sociedad, que está provocando además una disminución de los recursos naturales, una mayor fragilidad económica de los países en vías de desarrollo y aumento de la incidencia de ciertas enfermedades (AECOC, 2017).

Por ello, en 2019 la Unión Europea pone en marcha el Pacto Verde Europeo donde muestra su preocupación por el calentamiento global e indica diferentes vertientes sobre las que actuar para alcanzar la neutralidad climática en 2050. Entre ellas destaca diferentes medidas y metas para una movilidad más sostenible, indicando que el 25% de las emisiones de efecto invernadero generadas en Europa provienen del transporte, mientras que el transporte terrestre representa el 71.7% de estas. Es por ello que se precisa un mayor control de las emisiones generadas por esta actividad, por lo que se establece como objetivo reducir las emisiones derivadas del transporte en un 90%. El cálculo de la huella de carbono nos permite cuantificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas en el sector y buscar diferentes alternativas donde la generación de gases contaminantes sea menor, mitigando así el calentamiento global.

Además de la elaboración del Pacto Verde Europeo, la Comisión Europea ha elaborado un informe de progreso donde se establecen los objetivos de la reducción de las emisiones en los diferentes sectores más contaminantes y posibles medidas para cumplir el Acuerdo de París, en el que se limitó el incremento de la temperatura media mundial a 2°C, respecto a la era preindustrial, e intentar lograr que este aumento no sea superior a 1.5°C.

Como ya se ha mencionado, se trata de un fenómeno acentuado por la acción del hombre, tanto en nuestro día a día como la actividad industrial de las empresas, con independencia del tamaño de estas, de hecho, en el caso de España, las pymes tienen un peso significativo dentro de la economía, por lo que también es importante estudiar el impacto que puedan generar las pequeñas empresas. Para conocer el impacto ambiental generado en el caso de EMPRESA, se analizan por separado las tres fases que se producen para el desarrollo de su actividad.

Durante la fase de aprovisionamiento se estudian los trayectos de las compras de materias primas realizadas. Hay que destacar que estos pedidos no se producen de forma regular ni se limita la elección de proveedores a la zona de Zaragoza, donde se ubica la fábrica, sino que sus proveedores son de diferentes partes de España, por lo que se precisa desplazamientos largos por carretera. La fase de producción es la que menor impacto ambiental genera, principalmente en los últimos años, dado que solo se requiere consumo de energía, que cada vez tiene un menor impacto ambiental.

Por otro lado, para la distribución de sus productos se contrata a una empresa de transporte terrestre externa. Además, dado que algunos de los pedidos van a las islas Canarias y Baleares, se contrata a una empresa de transporte marítimo cuya mercancía parte desde el puerto de Barcelona. Cabe destacar, que los pedidos de los distribuidores de la empresa son bajo demanda, de forma que EMPRESA se compromete a que el envío de la mercancía sea entregada en 24-48 horas. Por ello, van camiones de la empresa encargada de la distribución prácticamente todos los días, con independencia del número de pedidos que tengan que salir ese día. Esta forma de trabajar permite que el cliente obtenga el producto de forma rápida, pero al mismo tiempo supone una mayor emisión de gases contaminantes.

Por otro lado, en lo referido al transporte marítimo, el pedido tarda más tiempo en llegar, principalmente a Canarias, donde la entrega se realiza en alrededor de 15 días. Las empresas de las islas no solicitan los pedidos bajo demanda, ya que requiere una mayor planificación por la demora del transporte. No obstante, hay que destacar que dado que se precisa información sobre el tipo de barco que realiza estos trayectos, y que el impacto ambiental generado por la empresa en este es muy bajo, al no tratarse de envíos de elevado peso, el trayecto marítimo no se ha considerado en el cálculo de la huella de carbono de la fase de distribución.

3. METODOLOGÍA

Para reducir las emisiones de gases contaminantes derivados de la actividad empresarial de EMPRESA, se calculan los kg de CO₂e generados en cada uno de los procesos de la empresa, es decir en el aprovisionamiento, producción y distribución.

Principalmente nos centramos en el análisis de las emisiones derivadas de los diferentes trayectos realizados para llevar las materias primas hasta la fábrica y posteriormente el producto hasta el distribuidor o cliente. Para ello se calcula la huella de carbono de los recorridos, y se buscan diferentes alternativas que podrían permitir una reducción de impacto ambiental generado.

Las alternativas planteadas buscarán agrupar el número de compras a los proveedores, de forma que se dé un menor número de pedidos de un mayor volumen. Además, también se trata de agrupar los envíos de pedidos de los clientes.

Finalmente se comparan las alternativas propuestas con la situación inicial para conocer como de significativa es la reducción de la generación de gases contaminantes en los diferentes procesos.

En lo que se refiere a la fase de producción el impacto producido es muy bajo, dado que este, como ya se ha comentado, es simple y no requiere de un consumo de energía elevado.

De forma particular, la metodología considera las siguientes fases:

- Fase 1: Determinación de los consumos en los procesos de la empresa:
Para determinar los consumos en los diferentes procesos, hay que destacar que por un lado encontramos el aprovisionamiento y la distribución. En ambos casos tendremos en cuenta la distancia del trayecto, el peso de la mercancía a transportar y el tipo de vehículo para conocer el consumo total de litros de diésel. A través de factores de conversión

logramos conocer el kg de CO₂ equivalente generados. Para el cálculo se plantean dos métodos, AECOC y MITECO, de forma que permita comparar los resultados. Por otro lado, en el caso de la fase de producción, se considera el consumo energético total de la fábrica.

- Fase 2: Aplicación de factores de conversión:
En base a la distancia recorrida y el tipo de camión, se aplican unos factores de conversión que nos permiten conocer las emisiones en kg de CO₂ equivalente emitidos a partir del transporte, tanto de las materias primas en el aprovisionamiento como del producto en la fase de distribución.
Por otro lado, en el proceso de producción en base al consumo de los equipos y el consumo energético de oficina y acondicionamiento de la fábrica, también conocemos los kg de CO₂ equivalente generados, dado que se nos facilita el consumo de kilovatios hora consumidos de forma mensual, además del mix energético de la compañía.
- Fase 3: Comparativa:
Una vez que se calcula la huella de carbono del aprovisionamiento, producción y distribución, se estudia cuáles son los procesos donde se produce mayores emisiones de gases contaminantes y la posibilidad de reducción de estas. Para ello se requiere de un análisis de los procesos independientemente, identificando así aquellos que precisan una reducción de la huella de carbono. En el estudio nos centraremos en el aprovisionamiento y distribución, puesto que en la fase de producción el impacto ambiental generado es muy bajo y además las alternativas a la reducción de consumo energético en este caso tienen muy poco margen de mejora.
- Fase 4. Posibilidad de optimización:
Una vez que se analizan los procesos independientemente y se identifican los que precisan una reducción de la huella de carbono, como es en el caso de la fase de aprovisionamiento y distribución, se plantean diferentes alternativas de mejora. Por otro lado, en el caso de producción, en este caso no se sugieren medidas puesto no es posible lograr una reducción del impacto significativa.
- Fase 5: Análisis de posibles mejoras de la huella de carbono
Analizar las diferentes posibilidades que se dan para poder mejorar la huella de carbono del transporte de la empresa. Una vez se detallan las diferentes alternativas que permiten reducir la huella de carbono en cada uno de los procesos de la empresa, se calcula de forma individualizada las emisiones de kg de CO₂ equivalente que se generarían en cada una de las alternativas, aplicando también los factores de conversión correspondientes en base a los trayectos, distancias y tipo de vehículo. En el caso del tratamiento de envases, se valora cuantos envases podrían evitar que se desechen al proporcionar empresas dedicadas a la gestión de residuos.
- Fase 6: Comparativa de las mejoras planteadas
Una vez que conocemos la huella de carbono generada por cada una de las alternativas propuestas, la comparamos con las emisiones generadas por la situación inicial, de forma que detectemos cuales son las que nos van a permitir reducir más la huella de carbono en cada uno de los procesos y en qué porcentaje. Esto nos permite analizar si las medidas

planteadas logran la reducción de emisiones deseada, o si por el contrario se deberían plantear otras alternativas para solucionar el problema.

4. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

4.1 Cómo calcular la huella de carbono

Para el cálculo de la huella de carbono de las tres fases mencionadas, hay que destacar que, en el caso de la fase de aprovisionamiento y distribución, el procedimiento es idéntico. Dado que se trata del transporte de las materias primas al almacén, y el desplazamiento de los productos hasta los clientes. La huella de carbono será las emisiones de kg CO₂ equivalente generadas en los trayectos.

Cabe mencionar, que para su cálculo se recurre a dos métodos reconocidos, lo que nos permite comparar los resultados.

Por un lado, se calcula a partir de los datos proporcionados en la guía de Asociación Española de Codificación Comercial (AECOC) de 2017. Este manual facilita diferentes opciones del cálculo en base a los datos que se dispone en cada caso y se adopta como referencia a la norma CEN-EN 16258, que es la norma genérica para el sector del transporte.

Por otro lado, se realiza el cálculo mediante los datos de los factores de emisión facilitados por el Ministerio de la Transición Ecológica y el reto demográfico (MITECO), en su versión 23 de junio de 2023.

Ambas metodologías permiten el cálculo de la huella de carbono de las fases de aprovisionamiento y distribución de la empresa. Para ello se han recopilado los datos de los pedidos de compra y venta que se han producido, de forma que se conoce el peso de la mercancía y la dirección tanto de origen como de destino, lo que permite cuantificar el impacto ambiental generado en el trayecto. No obstante, cabe destacar que, aunque para el estudio se hayan calculado las distancias entre la ubicación de los proveedores y clientes de EMPRESA, debido a la protección de datos, a lo largo del informe solo se facilita la localidad en la que estas se encuentran. Tampoco se indica la dirección de EMPRESA, no obstante, dada su ubicación, a lo largo del estudio se observa cómo trabaja con la plataforma logística de Zaragoza.

Hay determinados datos reales que no ha sido posible conocer con exactitud, como son los vehículos y el consumo de estos en cada uno de los trayectos realizados, además de las paradas realizadas hasta llegar al destino. Es por ello por lo que, en estos casos, se ha realizado unas estimaciones y establecido una serie de criterios según la información que dispone la empresa, y en base a vehículos de tipología similar con los datos proporcionados por el fabricante.

Se conoce que la empresa que provee los servicios de transporte recoge y entrega la mercancía con un vehículo de tipo N1, N2 y en algunos casos N3, de acuerdo con la clasificación proporcionada por el Reglamento (UE) N° 678/2011 de la Comisión de 14 de julio de 2011. Tras recoger la mercancía, la lleva a la plataforma logística más cercana, donde será transportada en un tráiler (M3) hasta la plataforma logística más cercana a donde se encuentre localizada la empresa de destino. En base a esta información, se plantea que la ruta a seguir de cada pedido conste de 3 tramos: empresa origen – plataforma logística de origen, plataforma logística de origen – plataforma logística de destino, plataforma logística de destino – empresa destino. Dado

que conocemos la empresa encargada del transporte y donde se encuentran ubicadas cada una de sus plataformas logísticas, se plantean los cálculos de forma que la mercancía será transportada a la plataforma logística se encuentra más cercana a la empresa de origen, en caso del primer tramo, o la más cercana a destino, en el caso de tercer tramo.

Las distancias entre las plataformas logísticas se realizarán mediante un tráiler (M3), mientras que el vehículo encargado de la recogida y entrega dependerá del peso del pedido a transportar, de forma que hasta 1.000 kg será con un N1, hasta los 6.000 con un N2 y hasta los 12.000 kg con un N3, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipo de vehículo

Vehículo	MMA	Tara	Carga Neta
N1	3.500 kg	2.500 kg	1.000 kg
N2	12.000 kg	6.000 kg	6.000 kg
N3	24.000 kg	12.000 kg	12.000 kg
M3	40.000 kg	15.000 kg	25.000 kg

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 1 muestra la Masa Máxima Autorizada (MMA) de cada uno de los vehículos, que es el peso total máximo que puede soportar, siendo el resultado de sumar la tara, donde nos indica el peso del propio vehículo en caso de estar vacío, y la carga neta o útil del vehículo, que indica el peso máximo que el camión puede transportar.

4.1.1 AECOC

AECOC proporciona diferentes formas para el cálculo de la huella de carbono del transporte en función de los datos que se conocen. En nuestro caso disponemos del origen y el destino de la mercancía, y el peso transportado. No conocemos con exactitud el trayecto ni cada una de las paradas de la ruta a seguir, pero sí la empresa encargada del transporte y la ubicación de las plataformas logística de esta. Por otro lado, conocemos los tipos de vehículos con los que trabaja la empresa contratada para realizar el transporte, por lo que se estima el tipo de vehículo que realiza el trayecto en base al peso del pedido y la carga útil indicada en la Tabla 1.

En nuestro caso, con los datos disponibles, y los estimados en base a la información facilitada por la empresa, se calcula la huella de carbono a partir de los datos facilitados por AECOC para el cálculo de los litros de diésel consumidos en el desplazamiento (Tabla 2) y su conversión a kg de CO₂e (Tabla 4).

Tabla 2. Peso del contenedor TEU para los diferentes tipos de mercancías AECOC

Tipo de camión	Montañoso		Llano	
	Mercancías a granel	Resto de mercancías	Mercancías a granel	Resto de mercancías
Transporte de mercancías	- litros de diésel por t-km -			
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
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 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. 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.				

En función de la Masa Máxima Autorizada (MMA) del vehículo que realice el tramo a estudiar, se indican los litros de diésel consumidos por tonelada de peso transportado y km recorrido. Cabe destacar, que, en nuestro caso, tomamos como referencia los datos en terreno montañoso, ya que no conocemos con exactitud el terreno en cada uno de los trayectos. Además, nos decantamos por los datos de mercancías a granel, ya que se supone que los viajes de carga se efectúan a una tasa del 100% del vehículo, mientras que en el caso del resto de mercancías supondría que la tasa de carga del vehículo fuese de un 45 %.

En la Tabla 3 se muestran los datos tomados según el tipo de vehículo, extraídos de la Tabla 2.

Tabla 3. Consumos litro diésel según vehículo según AECOC

Vehículo	MMA	Litro diésel por t-km
N1	3.500 kg	0,132
N2	12.000 kg	0,05
N3	24.000 kg	0,029
M3	40.000 kg	0,02

Fuente: AECOC (2017)

De esta forma, los litros consumidos dependen del tipo de vehículo que ha realizado el trayecto, el peso en toneladas que se ha transportado y los kilómetros recorridos. Una vez calculados los litros consumidos, se transforman a kg de CO₂e aplicando los factores de conversión de Diésel D5 que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Consumo específico de combustible por la propulsión del vehículo en términos de tonelada-kilómetro o TEU-kilómetro AECOC

Combustible empleado	Consumo de energía normalizado				Emisiones de gases de efecto invernadero (calculadas como equivalentes de CO ₂)			
	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 ₂ e/kg	kg eCO ₂ e/l	kg CO ₂ e/kg	kg eCO ₂ 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
<p>Fuente: Norma EN 16258.</p> <p>Notas: (*) cálculo realizado de acuerdo a la densidad de este tipo de combustible según las bases de datos de DEFRA.</p> <p>A efectos del cálculo de huella corporativo, se considerará lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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). $e_D=e_T; e_I=e_W-e_T$ <ul style="list-style-type: none"> 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). $g_D=g_T; g_I=g_W-g_T$								

La Tabla 4 muestra los datos para obtener tanto el consumo de energía como las emisiones de kg de CO₂e necesarias para la propulsión del vehículo, ya que en el caso del cálculo de la huella de carbono mediante el método de AECOC es obligatorio el cálculo tanto del consumo energético como de las emisiones de kg de CO₂e. Además, en ambos casos, se cuantifica el consumo energético y emisiones generadas de forma directa (del tanque a las ruedas), total (del pozo a las ruedas) e indirecta (mediante la diferencia de las anteriores).

Una vez calculado los litros totales de diésel consumidos en el trayecto, se aplican los factores de conversión facilitados en la Tabla 4, determinando así el consumo energético y los kg de CO₂ equivalente generados de forma indirecta, directa y total.

Cabe destacar que la guía también incluye los consumos y emisiones necesarios para la refrigeración de la carga durante el transporte, que en nuestro caso no es necesaria. Como ya se ha mencionado, el producto no requiere mantenimiento a una determinada temperatura, por lo que se realiza el desplazamiento en temperatura ambiente.

Los consumos energéticos y las emisiones de GEI directas son las denominadas “del tanque a la rueda”, conocidas también por “tank to wheel” o “TtW”, que son las generados por los vehículos de transporte.

En los referidos a los consumos y emisiones indirectas, llamadas “del pozo al depósito” o “well to tank” o “WtT”, se consideran todos los procesos necesarios para el suministro de la fuente de energía al vehículo.

El consumo energético y las emisiones de GEI totales, conocidas por “del pozo a las ruedas” o “well to wheel” o “WtW”, es la suma de los consumos y las emisiones directas e indirectas, abarcando así todo el ciclo de vida de la fuente de energía empleada.

Hay que señalar que para el estudio de un trayecto se calculan por separado las emisiones de CO₂e y los consumos energéticos, y a su vez se separan entre los generados de forma directa, indirecta y totales, como se observa en la Tabla 6, ya que la normativa exige que se diferencie.

A continuación, se expone un caso práctico. Se presenta el cálculo en la primera ruta que se dio en 2020 para llevar un pedido desde la fábrica de EMPRESA hasta Sevilla, que es donde se encuentra la empresa cliente.

La ruta del pedido se divide en 3 tramos, como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Datos caso práctico pedido de venta a Sevilla

Tramo	Origen	Destino	km	kg	Vehículo
1	EMPRESA	Plataforma logística de Zaragoza	22,5	117	N1
2	Plataforma logística Zaragoza	Plataforma logística de Sevilla	824	117	M3
3	Plataforma logística de Sevilla	Empresa cliente	14,6	117	N1

Fuente: Elaboración propia

Dado que la distancia y el vehículo de los tramos son diferentes, estudiamos cada uno por separado para después calcular el impacto total. A continuación, se detallan los cálculos para el análisis del tramo 1:

En primer lugar, calculamos los litros consumidos durante el tramo 1 con los datos facilitados en la Tabla 2 mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Litros diésel consumidos} = \text{peso (t)} \times \text{distancia (km)} \times \text{consumo diésel (l/tkm)} \quad (1)$$

Aplicando la ecuación (1) queda:

$$\text{Litros diésel consumidos (Tramo 1)} = 0,117 \text{ t} \times 22,5 \text{ km} \times 0,132 \text{ l/tkm} = 0,35 \text{ l}$$

Una vez conocemos el consumo de litros diésel en el tramo 1, calculamos las emisiones de GEI y el consumo de energía, tanto directo como indirecto, aplicando los factores de conversión de la Tabla 4.

Emisiones de GEI:

Se calculan la emisiones directas e indirectas del tramo 1, a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones kg de CO}_2\text{e} = \text{diésel (l)} \times \text{factor (kg CO}_2\text{e/litro)} \quad (2)$$

Aplicando la ecuación (2):

Emisiones directas, “Del tanque a las ruedas” o “TtW”

$$\text{TtW (tramo 1)} = 0,35 \text{ l} \times 2,54 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 0,88 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

- Emisiones totales “Del pozo a las ruedas” o “WtW”

$$\text{WtW (tramo 1)} = 0,35 \text{ l} \times 3,17 \text{ kg CO}_2\text{e/l} = 1,10 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

- Emisiones indirectas, “Del pozo al depósito” o “WtT”

Para determinar las emisiones indirectas o “del pozo al depósito” (“weel to tank”), se resuelve la siguiente ecuación

$$\text{WtT} = \text{WtW} - \text{TtW} \quad (3)$$

Aplicando la ecuación (3):

$$\text{WtT (tramo 1)} = 1,10 \text{ kg CO}_2\text{e} - 0,88 \text{ kg CO}_2\text{e} = 0,22 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

Consumo energético:

Se calcula el consumo energético directo y total, se resuelve la siguiente ecuación

$$\text{Consumo energético (MJ)} = \text{diésel (l)} \times \text{factor (MJ/l)} \quad (4)$$

Aplicando la ecuación (4):

- Consumo energético directo “Del tanque a las ruedas” o “TtW”

$$\text{TtW (tramo 1)} = 0,35 \text{ l} \times 35,70 \text{ MJ/l} = 12,41 \text{ MJ}$$

- Consumo energético total “Del pozo a las ruedas” o “WtW”

$$\text{WtW (tramo 1): } 0,35 \text{ l} \times 44 \text{ MJ/l} = 15,29 \text{ MJ}$$

- Consumo energético indirecto, “Del pozo al depósito” o “WtT”

Aplicando la ecuación (3):

$$WtT (\text{tramo } 1) = 15,29 \text{ MJ} - 12,41 \text{ MJ} = 2,88 \text{ MJ}$$

El consumo energético y las emisiones de GEI son calculados de la misma forma para los tramos 2 y 3, lo que permite calcular posteriormente el impacto total generado (ver Tabla 6).

Tabla 6. Resultado caso práctico AECOC

Tramo	Emisiones de GEI			Consumo energético		
	WtT (kg de CO2e)	TtW (kg de CO2e)	WtW (kg de CO2e)	WtT (MJ)	TtW (MJ)	WtW (MJ)
1	0,22	0,88	1,10	2,88	12,41	15,29
2	1,21	4,90	6,11	16,00	68,84	84,84
3	0,14	0,57	0,71	1,87	8,05	9,92
Total	1,58	6,35	7,93	20,76	89,29	110,05

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 MITECO

Otro conocido método para el cálculo de la huella de carbono es a través de las tablas facilitadas por MITECO, que permiten cuantificar los kg de CO2e emitidos. Para ello se calculan los litros de Diesel (B7) consumidos en cada uno de los tramos que forman la ruta del pedido, para después transformarlos en CO2e a través de las tablas de factores de conversión de MITECO.

El consumo de litros diésel en el trayecto depende del consumo del vehículo que lo realiza y de los kilómetros recorridos. Cabe mencionar que el vehículo durante la distancia recorrida no solo transporta mercancía de EMPRESA, sino que también recoge mercancía de otras empresas. Por ello, calculamos sobre el consumo de litros de diésel del vehículo, que porcentaje de la mercancía transportada corresponde a EMPRESA sobre la carga neta del vehículo, lo que permite conocer el consumo de litros en el tramo que es derivado del pedido de la empresa a estudiar.

Dado que estimamos el tipo de vehículo según el tramo y el peso del pedido, conocemos cual es la carga neta o capacidad útil que se puede llegar a transportar, por lo que a partir de estos datos se realiza el cálculo.

Una vez se conoce los litros consumidos del trayecto derivados de la mercancía de la empresa, MITECO facilita unos factores de conversión para el cálculo de las emisiones de CO2 equivalentes generadas por el consumo de un litro de diésel, que dependerá del tipo de vehículo que ha realizado el trayecto (Tabla 7). Cabe mencionar que, para los datos de cada ejercicio, se tomará como referencia los datos proporcionados por MITECO el año anterior.

Tabla 7. Factores de emisión en CO₂e MITECO. Consumo litros de diésel

Vehículo	Impacto kg CO ₂ de un litro			Consumo litros en 100 km
	2019	2020	2021	
N1	2,506	2,506	2,506	12
N2	2,515	2,517	2,518	22
N3	2,515	2,517	2,518	25
M3	2,515	2,517	2,518	35

Fuente: MITECO 2023

A continuación, se muestra el cálculo de la huella de carbono de un envío de un pedido, se trata el mismo pedido que el detallado anteriormente mediante el método de AECOC en el apartado 4.1.1. Recordamos que se analizaba la distribución de un pedido desde la fábrica de EMPRESA hasta Sevilla, que es donde se encuentra la empresa cliente.

La ruta a seguir del pedido se divide en 3 tramos, como se indica en la Tabla 5.

Dado que la distancia y el vehículo utilizado en cada tramo son diferentes, estudiamos cada uno por separado para después calcular el impacto total.

Para conocer los litros de diésel B7 totales consumidos durante el tramo 1, se hace el producto de los kilómetros y el consumo del vehículo por kilómetro.

$$\text{Consumo litros diésel totales de vehículo} = \text{distancia (km)} \times \text{consumo (l/km)} \quad (5)$$

Aplicando la ecuación (5):

$$\text{Consumo litros diésel totales (tramo 1)} = 22,5 \text{ km} \times 0,12 \text{ l/km} = 2,7 \text{ litros}$$

No obstante, de esta forma obtenemos el consumo del vehículo cargado al completo, en el caso del N1, llevando una carga de una tonelada. Dado que el pedido es de 117 kg, el resto corresponde a mercancía de otras empresas. Para calcular los litros que corresponde del transporte de nuestra mercancía, se aplica el porcentaje que supone la mercancía de EMPRESA sobre la carga útil del vehículo.

$$\text{Consumo litros diésel derivados del pedido} = \text{Consumo litros diésel totales} \times \left(\frac{\text{peso del pedido (kg)}}{\text{Carga útil del vehículo (kg)}} \right) \quad (6)$$

Aplicando la ecuación (6):

$$\text{Consumo litros diésel derivado del pedido (Tramo 1)} = 2,7 \text{ l} \times \left(\frac{117 \text{ kg}}{1000 \text{ kg}} \right) = 0,32 \text{ litros}$$

Una vez calculado el consumo de litros de diésel, se transforma a kg de CO₂e a través de los factores de conversión facilitados por MITECO en la Tabla 7. Cabe mencionar que para el cálculo de cada ejercicio se toma como referencia los datos del año anterior, por lo que en este caso al tratarse de un pedido de 2020 se realizan los cálculos con los factores de conversión de 2019.

Aplicando la ecuación (2):

Emisiones CO₂e (tramo 1): 0,32 l x 2,506 kg CO₂/l = 0,79 kg de CO₂e

Las emisiones generadas en el tramo 1 son de 0,79 kg de CO₂e, este mismo proceso se realiza para los tramos 2 y 3. En la Tabla 8 se muestran las emisiones de CO₂e calculadas en cada tramo y en su total.

Tabla 8. Emisiones generadas por tramos método MITECO

Tramo	Origen	Destino	kg de CO ₂ e
1	EMPRESA	Plataforma logística de Zaragoza	0,79
2	Plataforma logística Zaragoza	Plataforma logística de Sevilla	3,39
3	Plataforma logística de Sevilla	Sevilla	0,51
Total			4,70

Fuente: Elaboración propia

4.2 Fase 1. Aprovisionamiento

Para el cálculo de la huella de carbono de la fase de aprovisionamiento, se estudian todos los pedidos de compra realizados a los proveedores de la organización en el periodo 2020-2022.

Como se ha mencionado en el apartado anterior, la ruta de los pedidos contará de 3 tramos diferenciados:

- Tramo 1: Empresa proveedora – Plataforma logística cercana.
- Tramo 2: Plataforma logística cercana al proveedor – Plataforma logística de Zaragoza.
- Tramo 3: Plataforma logística de Zaragoza – EMPRESA.

La empresa de transporte contratada por EMPRESA dispone de plataformas logísticas en casi todas las provincias de España y en diferentes puntos de Portugal, por lo que el tramo 1 irá de la empresa proveedora del material a la plataforma logística más cercana a esta, para después ir a plataforma logística de Zaragoza y a EMPRESA.

Cabe destacar, que en el caso de que la compra se produzca a una empresa de la provincia de Zaragoza, no existe ningún trayecto entre las plataformas logísticas (tramo 2), de forma que desde la empresa proveedora irá a la plataforma logística de Zaragoza, y de esta a EMPRESA.

Para el cálculo de la huella de carbono se emplean los dos métodos de AECOC y MITECO detallados en los apartados 4.1.1 y 4.1.2. A continuación, se estudia la huella de carbono de la fase de aprovisionamiento para el primer semestre de 2020.

En el caso de AECOC se detalla toda la información de 2 tablas, en la Tabla 9 se muestran los datos de la información de la que se parte, mientras que en la Tabla 10 se observa los resultados obtenidos, separado entre emisiones de GEI y consumo energético y a su vez entre los generados de forma indirecta, directa y total.

Por otro lado, en la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos a partir de los datos proporcionados por MITECO en 2023.

Tabla 9. Huella de carbono fase Aprovisionamiento. Semestre 1 de 2020 datos AECOC 1

ID	Fecha	Ciudad Origen	kg	T	km	Camión Tramo 1	Plataforma logística de origen	km	Camión Tramo 2	Plataforma logística de destino	km	Camión Tramo 3	Destino
1	11/02/2020	Barcelona	22,4	0,0224	44,8	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA
2	25/02/2020	Terrassa (Barcelona)	194	0,194	31,3	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA
3	17/04/2020	Barcelona	48	0,048	28,8	N1	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	319	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA
4	20/04/2020	Terrassa (Barcelona)	181	0,181	31,3	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA
5	21/04/2020	Jumilla (Murcia)	7000	7	74,9	N3	POL,IND.OESTE, C. Uruguay, 7, 30820 Alcantarilla, Murcia	561	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N3	EMPRESA
6	07/05/2020	Terrassa (Barcelona)	268	0,268	31,3	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA
7	19/05/2020	Barcelona	100	0,1	7,8	N1	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	319	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA
8	01/06/2020	Leganes	10	0,01	14,2	N1	Av. de la Lealtad, 4 (P.I. Los Olivos)-28906-Getafe	317	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA
9	04/06/2020	Barcelona	600	0,6	9,6	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA
10	10/06/2020	Terrassa (Barcelona)	156	0,156	31,3	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA
11	15/06/2020	Barcelona	48	0,048	28,8	N1	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	319	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA
12	22/06/2020	Terrassa (Barcelona)	207	0,207	31,3	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA
13	26/06/2020	Almeria	1125	1,125	16,2	N2	Diseminado Cañada Viator Cr, 352, 04120 Almería	752	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N2	EMPRESA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Huella de carbono fase Aprovisionamiento. Semestre 1 de 2020 datos AECOC 2

ID	Emisiones de CO2												Consumo de energía											
	Del pozo al depósito				Del tanque a las ruedas				Del pozo a las ruedas				Del pozo al depósito				Del tanque a las ruedas				Del pozo a las ruedas			
	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e	Tramo 1 MJ	Tramo 2 MJ	Tramo 3 MJ	Total MJ	Tramo 1 MJ	Tramo 2 MJ	Tramo 3 MJ	Total MJ	Tramo 1 MJ	Tramo 2 MJ	Tramo 3 MJ	Total MJ
1	0,08	0,08	0,04	0,20	0,34	0,32	0,17	0,82	0,42	0,39	0,21	1,03	1,10	1,03	0,55	2,69	4,73	4,45	2,38	11,55	5,83	5,48	2,93	14,24
2	0,50	0,68	0,36	1,55	2,04	2,74	1,46	6,24	2,54	3,42	1,83	7,79	6,65	8,95	4,78	20,39	28,61	38,51	20,57	87,69	35,27	47,46	25,35	108,08
3	0,11	0,19	0,09	0,40	0,46	0,78	0,36	1,60	0,58	0,97	0,45	2,00	1,51	2,54	1,18	5,24	6,51	10,93	5,09	22,54	8,03	13,47	6,27	27,78
4	0,47	0,63	0,34	1,44	1,90	2,56	1,37	5,82	2,37	3,19	1,70	7,26	6,21	8,35	4,46	19,02	26,70	35,93	19,19	81,82	32,90	44,28	23,65	100,84
5	6,61	49,48	1,98	58,07	26,63	199,49	8,00	234,13	33,24	248,97	9,99	292,20	87,03	651,88	26,15	765,06	374,35	2803,88	112,46	3290,68	461,38	3455,76	138,60	4055,74
6	0,70	0,94	0,50	2,14	2,81	3,78	2,02	8,62	3,51	4,72	2,52	10,76	9,19	12,37	6,61	28,16	39,53	53,20	28,42	121,14	48,72	65,56	35,02	149,31
7	0,06	0,40	0,19	0,65	0,26	1,62	0,75	2,64	0,33	2,02	0,94	3,29	0,85	5,30	2,47	8,62	3,68	22,78	10,60	37,06	4,53	28,07	13,07	45,67
8	0,01	0,04	0,02	0,07	0,05	0,16	0,08	0,28	0,06	0,20	0,09	0,35	0,16	0,53	0,25	0,93	0,67	2,26	1,06	3,99	0,82	2,79	1,31	4,92
9	0,48	2,10	1,12	3,70	1,93	8,47	4,53	14,93	2,41	10,58	5,65	18,63	6,31	27,69	14,79	48,79	27,14	119,10	63,62	209,86	33,45	146,78	78,41	258,65
10	0,41	0,55	0,29	1,24	1,64	2,20	1,18	5,02	2,04	2,75	1,47	6,26	5,35	7,20	3,85	16,39	23,01	30,96	16,54	70,51	28,36	38,16	20,39	86,91
11	0,11	0,19	0,09	0,40	0,46	0,78	0,36	1,60	0,58	0,97	0,45	2,00	1,51	2,54	1,18	5,24	6,51	10,93	5,09	22,54	8,03	13,47	6,27	27,78
12	0,54	0,73	0,39	1,65	2,17	2,92	1,56	6,66	2,71	3,65	1,95	8,31	7,10	9,55	5,10	21,75	30,53	41,09	21,95	93,57	37,63	50,64	27,05	115,32
13	0,57	10,66	0,80	12,03	2,31	42,98	3,21	48,51	2,89	53,64	4,01	60,54	7,56	140,44	10,50	158,50	32,53	604,04	45,18	681,76	40,10	744,48	55,69	840,26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Huella de carbono fase de Aprovisionamiento. Semestre 1 de 2020 datos MITECO

ID	Fecha	Ciudad origen	kg	km	Camión Tramo 1	Plataforma logística de origen	km	Camión Tramo 2	Plataforma logística de destino	km	Camión Tramo 3	Destino	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e
1	11/02/2020	Barcelona	22,4	44,8	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	0,30	0,22	0,15	0,67
2	25/02/2020	Terrassa (Barcelona)	194	31,3	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	1,83	1,90	1,31	5,04
3	17/04/2020	Barcelona	48	28,8	N1	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	319	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	0,42	0,54	0,32	1,28
4	20/04/2020	Terrassa (Barcelona)	181	31,3	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	1,70	1,77	1,22	4,70
5	21/04/2020	Jumilla (Murcia)	7000	74,9	N3	POL.IND.OESTE, C. Uruguay, 7, 30820 Alcantarilla, Murcia	561	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N3	EMPRESA	27,47	138,27	8,25	173,99
6	07/05/2020	Terrassa (Barcelona)	268	31,3	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	2,52	2,62	1,81	6,96
7	19/05/2020	Barcelona	100	7,8	N1	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	319	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	0,23	1,12	0,68	2,03
8	01/06/2020	Leganes	10	14,2	N1	Av. de la Lealtad, 4 (P.I. Los Olivos)-28906-GETAFE	317	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	0,04	0,11	0,07	0,22
9	04/06/2020	Barcelona	600	9,6	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	1,73	5,87	4,06	11,66
10	10/06/2020	Terrassa (Barcelona)	156	31,3	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	1,47	1,53	1,06	4,05
11	15/06/2020	Barcelona	48	28,8	N1	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	319	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	0,42	0,54	0,32	1,28
12	22/06/2020	Terrassa (Barcelona)	207	31,3	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	1,95	2,03	1,40	5,38
13	26/06/2020	Almeria	1125	16,2	N2	Diseminado Cañada Viator Cr, 352, 04120 Almería	752	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N2	EMPRESA	1,68	29,79	2,33	33,80

Fuente: Elaboració propia

4.3 Fase 2. Producción

El sistema de producción del producto de la empresa es muy sencillo en lo que se refiere a elaboración. Se trata de una mezcla de agua donde se disuelven diferentes sustancias sólidas a través de un agitador vertical con motor directo. Este agitador se puede utilizar para procesos de mezcla, disolución o dispersión, entre otros.

En el agitador, consta una hélice que con su rotación empuja el flujo del producto hacia el fondo del depósito, consiguiendo así que el flujo suba hasta la superficie del líquido por las paredes del tanque. La hélice agita el contenido, que son agua y las diferentes sustancias sólidas, lo que favorece la mezcla del producto de EMPRESA.

Para la producción de 1.000 litros del producto, se precisa una hora de funcionamiento del agitador-motor eléctrico, y posteriormente una hora de extracción del líquido con una motobomba, que, en ambos casos, el consumo eléctrico de los aparatos es muy bajo. Además, para el proceso de producción no se requiere alcanzar elevadas temperaturas ni se trata de un proceso largo, por lo que el impacto generado en esta fase es muy bajo, ya que logramos la producción de 1.000 litros con una hora de funcionamiento de cada aparato. Se trata de un proceso muy sencillo en el que solo se requiere la mezcla los productos.

Cabe destacar que, para estudiar el impacto ambiental derivado de la fase de producción, no solo se ha tenido en cuenta el consumo del agitador y la motobomba, sino que se considera el consumo energético total que se ha producido en la fábrica, teniendo en cuenta también los derivados de acondicionamiento climático del establecimiento y funciones de oficina.

La huella de carbono se calcula a través de las facturas de consumo energético que se disponen, donde se han consultado los kilovatios hora consumidos en cada mes y el mix energético de la empresa suministradora, que nos indica los kg de CO₂ equivalente generados por un kWh. A partir de estos dos datos, calculamos los kg de CO₂ equivalente generados mensualmente en el periodo 2020-2022 derivados de la fase de producción.

A continuación, se expone un caso práctico. En enero de 2020, los kWh consumidos en la fábrica de EMPRESA son 287, mientras que el mix eléctrico facilitado por la compañía eléctrica es de 0,41 kg CO₂e. En este caso el cálculo es el siguiente:

$$\text{Emisiones de CO}_2\text{e consumo energético} = \text{kWh consumidos} \times \text{kg de CO}_2\text{e generados por kWh} \quad (7)$$

Aplicando la ecuación (7):

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ en enero 2020} = 287 \times 0,41 = 117,67 \text{ kg de CO}_2\text{e}$$

A continuación, en la Tabla 12 se muestran los datos tomados de referencia y los resultados en el periodo 2020-2022

Tabla 12. Huella de carbono fase de producción

Mes	kWh	kg de CO2e por kWh	kg de CO2e
ene-20	287	0,41	117,67
feb-20	320	0,41	131,2
mar-20	230	0,41	94,3
abr-20	213	0,41	87,33
may-20	180	0,31	55,8
jun-20	181	0,31	56,11
jul-20	216	0,31	66,96
ago-20	237	0,31	73,47
sep-20	190	0,31	58,9
oct-20	212	0,31	65,72
nov-20	225	0,31	69,75
dic-20	223	0,31	69,13
ene-21	256	0,31	79,36
feb-21	282	0,31	87,42
mar-21	211	0,31	65,41
abr-21	225	0,31	69,75
may-21	188	0,31	58,28
jun-21	175	0,25	43,75
jul-21	233	0,25	58,25
ago-21	201	0,25	50,25
sep-21	227	0,25	56,75
oct-21	195	0,25	48,75
nov-21	201	0,25	50,25
dic-21	272	0,25	68
ene-22	236	0,25	59
feb-22	273	0,25	68,25
mar-22	184	0,25	46
abr-22	184	0,25	46
may-22	121	0,25	30,25
jun-22	139	0,25	34,75
jul-22	211	0,259	54,649
ago-22	169	0,259	43,771
sep-22	190	0,259	49,21
oct-22	172	0,259	44,548
nov-22	186	0,259	48,174
dic-22	211	0,142	29,962

Fuente: Elaboración propia

4.4 Fase 3. Distribución

El cálculo de la huella de carbono en la fase de distribución se hace de forma similar a la fase de aprovisionamiento, ya que se consideran los diferentes trayectos que se deben realizar para que el pedido llegue desde la fábrica de EMPRESA a la dirección en la que se encuentra la empresa cliente o distribuidora. A continuación, se muestran los resultados obtenidos desde 01/01/2020 a 16/01/2020 por el método de AECOC, en las Tablas 13 y 14, y los de MITECO, en la Tabla 15.

Tabla 13. Huella de carbono fase de Distribución. Datos AECOC 1

ID	Fecha	kg	Origen	km	Camión Tramo 1	Plataforma Logística de origen	km	Camión Tramo 2	Plataforma logística de destino	km	Camión Tramo 3	Ciudad destino
1	07.01.2020	117	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	824	M3	Centro De Transportes De Mercancias, A-92, Km 0, 41006 Sevilla	14,6	N1	Sevilla
2	07.01.2020	1390	EMPRESA	22,5	N2	C. Aversa, 50197 Zaragoza	278	M3	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	30,8	N2	Terrassa (Barcelona)
3	08.01.2020	1052	EMPRESA	22,5	N2	C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N2	Barcelona
4	08.01.2020	205	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	177	M3	C. Tudela, 59, 31119 Óriz, Navarra	95,4	N1	Tudela (Navarra) Pamplona
5	08.01.2020	100	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	920	M3	C. Dracma, 9, 11591 Jerez de la Frontera, Cádiz	6,9	N1	Jerez De La Frontera (Cadiz)
6	08.01.2020	343	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	752	M3	Diseminado Cañada Viator Cr, 352, 04120 Almería	9,7	N1	Almeria
7	10.01.2020	10	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	180	M3	C. Candado, 17, 26009 Logroño, La Rioja	2,2	N1	Logroño
8	10.01.2020	250	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	708	M3	Carretera Bailen, 36, 18210 Peligros, Granada	5,2	N1	Maracena (Granada)
9	10.01.2020	10	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	168	M3	Carrer V, 25190 Lleida	2,3	N1	Lerida
10	13.01.2020	700	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N1	Barcelona
11	15.01.2020	25	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	317	M3	Av. de la Lealtad, 4 (P.I. Los Olivos)-28906-Getafe	17,9	N1	Fuenlabrada (Madrid)
12	16.01.2020	250	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	706	M3	C/ Leiteiras 3-4-5 (P.I. El Ceao)-27003-LUGO	1,5	N1	Lugo Galicia
13	16.01.2020	75	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	824	M3	Centro De Transportes De Mercancias, A-92, Km 0, 41006 Sevilla	2,8	N1	Sevilla
14	16.01.2020	150	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	550	M3	C/ Peña Salon, 50-51 nave 4 (P.I. Silvota)-33192-Oviedo	0,5	N1	Silvota (Llanera-Pol. Industrial) (Asturias)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Huella de carbono fase de Distribución. Datos AECOC 2

ID	Emisiones de CO2												Consumo de energía											
	Del pozo al depósito				Del tanque a las ruedas				Del pozo a las ruedas				Del pozo al depósito				Del tanque a las ruedas				Del pozo a las ruedas			
	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e	Tramo 1 MJ	Tramo 2 MJ	Tramo 3 MJ	Total MJ	Tramo 1 MJ	Tramo 2 MJ	Tramo 3 MJ	Total MJ	Tramo 1 MJ	Tramo 2 MJ	Tramo 3 MJ	Total MJ
1	0,22	1,21	0,14	1,58	0,88	4,90	0,57	6,35	1,10	6,11	0,71	7,93	2,88	16,00	1,87	20,76	12,41	68,84	8,05	89,29	15,29	84,84	9,92	110,05
2	2,60	4,87	1,35	8,82	10,49	19,63	5,44	35,55	13,09	24,50	6,79	44,37	12,98	64,15	17,77	94,89	55,83	275,90	76,42	408,15	68,81	340,05	94,19	503,04
3	1,97	4,23	0,32	6,52	7,94	17,05	1,31	26,29	9,90	21,28	1,63	32,81	9,82	55,71	4,28	69,81	42,25	239,61	18,40	300,26	52,07	295,32	22,68	370,07
4	0,38	0,46	1,63	2,47	1,55	1,84	6,56	9,95	1,93	2,30	8,18	12,41	5,05	6,02	21,43	32,50	21,74	25,91	92,16	139,80	26,79	31,93	113,59	172,31
5	0,19	1,16	0,06	1,40	0,75	4,67	0,23	5,66	0,94	5,83	0,29	7,06	2,47	15,27	0,76	18,49	10,60	65,69	3,25	79,54	13,07	80,96	4,01	98,04
6	0,64	3,25	0,28	4,17	2,59	13,10	1,12	16,81	3,23	16,35	1,39	20,97	8,46	42,82	3,65	54,92	36,37	184,17	15,68	236,21	44,82	226,98	19,32	291,13
7	0,02	0,02	0,00	0,04	0,08	0,09	0,01	0,17	0,09	0,11	0,01	0,22	0,25	0,30	0,02	0,57	1,06	1,29	0,10	2,45	1,31	1,58	0,13	3,02
8	0,47	2,23	0,11	2,81	1,89	8,99	0,44	11,31	2,35	11,22	0,54	14,12	6,16	29,38	1,42	36,97	26,51	126,38	6,13	159,01	32,67	155,76	7,55	195,98
9	0,02	0,02	0,00	0,04	0,08	0,09	0,01	0,17	0,09	0,11	0,01	0,21	0,25	0,28	0,03	0,55	1,06	1,20	0,11	2,37	1,31	1,48	0,13	2,92
10	1,31	2,81	0,57	4,69	5,28	11,34	2,30	18,92	6,59	14,16	2,87	23,62	17,26	37,07	7,52	61,84	74,22	159,44	32,33	265,98	91,48	196,50	39,84	327,82
11	0,05	0,10	0,04	0,18	0,19	0,40	0,15	0,74	0,24	0,50	0,19	0,93	0,62	1,32	0,49	2,42	2,65	5,66	2,11	10,42	3,27	6,97	2,60	12,84
12	0,47	2,22	0,03	2,72	1,89	8,97	0,13	10,98	2,35	11,19	0,16	13,70	6,16	29,30	0,41	35,87	26,51	126,02	1,77	154,30	32,67	155,32	2,18	190,17
13	0,14	0,78	0,02	0,94	0,57	3,14	0,07	3,78	0,71	3,92	0,09	4,71	1,85	10,26	0,23	12,34	7,95	44,13	0,99	53,07	9,80	54,38	1,22	65,40
14	0,28	1,04	0,01	1,33	1,13	4,19	0,03	5,35	1,41	5,23	0,03	6,67	3,70	13,70	0,08	17,47	15,90	58,91	0,35	75,16	19,60	72,60	0,44	92,64

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Huella de carbono fase de Distribución. Datos MITECO

ID	Fecha	kg	Origen	km	Camión Tramo 1	Plataforma logística de origen	km	Camión Tramo 2	Plataforma logística de destino	km	Camión Tramo 3	Ciudad destino	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e
1	07.01.2020	117	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	824	M3	Centro De Transportes De Mercancias, A-92, Km 0, 41006 Sevilla	14,6	N1	Sevilla	0,79	3,39	0,51	4,70
2	07.01.2020	1390	EMPRESA	22,5	N2	C. Aversa, 50197 Zaragoza	278	M3	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	30,8	N2	Terrassa (Barcelona)	2,88	13,61	3,95	20,44
3	08.01.2020	1052	EMPRESA	22,5	N2	C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N2	Barcelona	2,18	11,82	0,95	14,95
4	08.01.2020	205	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	177	M3	C. Tudela, 59, 31119 Óriz, Navarra	95,4	N1	Tudela (Navarra) Pamplona	1,39	1,28	5,88	8,55
5	08.01.2020	100	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	920	M3	C. Dracma, 9, 11591 Jerez de la Frontera, Cádiz	6,9	N1	Jerez De La Frontera (Cadiz)	0,68	3,24	0,21	4,12
6	08.01.2020	343	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	752	M3	Diseminado Cañada Viator Cr, 352, 04120 Almería	9,7	N1	Almeria	2,32	9,08	1,00	12,40
7	10.01.2020	10	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	180	M3	C. Candado, 17, 26009 Logroño, La Rioja	2,2	N1	Logroño	0,07	0,06	0,01	0,14
8	10.01.2020	250	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	708	M3	Carretera Bailen, 36, 18210 Peligros, Granada	5,2	N1	Maracena (Granada)	1,69	6,23	0,39	8,31
9	10.01.2020	10	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	168	M3	lleida, Carrer V, 25190 Lleida	2,3	N1	Lerida	0,07	0,06	0,01	0,13
10	13.01.2020	700	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N1	Barcelona	4,74	7,86	2,06	14,66
11	15.01.2020	25	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	317	M3	Av. de la Lealtad, 4 (P.I. Los Olivos)-28906-GETAFE	17,9	N1	Fuenlabrada (Madrid)	0,17	0,28	0,13	0,58
12	16.01.2020	250	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	706	M3	C/ Leiteiras 3-4-5 (P.I. El Ceao)-27003-LUGO	1,5	N1	Lugo Galicia	1,69	6,21	0,11	8,02
13	16.01.2020	75	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	824	M3	Centro De Transportes De Mercancias, A-92, Km 0, 41006 Sevilla	2,8	N1	Sevilla	0,51	2,18	0,06	2,75
14	16.01.2020	150	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	550	M3	C/ Peña Salon, 50-51 nave 4 (P.I. Silvota)-33192-OVIEDO	0,5	N1	Silvota (Llanera-Pol. Industrial) (Asturias)	1,01	2,90	0,02	3,94

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que, en caso de la fase de distribución, EMPRESA también envía pedidos a las islas Canarias y Baleares. En estos casos la mercancía es llevada al puerto de Barcelona, desde donde parte en barco hacia el destino. Para el presente estudio no ha sido posible la recopilación de datos sobre las características del barco que realiza del trayecto. Además, el volumen de la mercancía transportada es muy baja, de forma que el impacto ambiental derivado es muy pequeño. En estos casos, para la huella de carbono de estos pedidos se ha estudiado la ruta realizada hasta el puerto de Barcelona.

4.5 Comparativa

Una vez estudiamos el impacto ambiental generado en cada una de las fases, se observa una diferencia entre los resultados obtenidos con MITECO y los calculados mediante el método de AECOC, tanto en la fase de aprovisionamiento como de distribución.

La desviación entre ambos métodos se debe a diferentes motivos. Por un lado, los datos de AECOC no solo tienen en cuentas el impacto generado de forma directa durante el desplazamiento, sino que también el provocado de forma indirecta (well to tank), lo que hace que la totalidad de las emisiones sea muy superior. Es por ello por lo que, para poder contrastar los datos de los dos métodos estudiados, tomamos los resultados de emisiones directas de AECOC y los datos de MITECO tanto en la fase de aprovisionamiento como en la de distribución, mediante las Tablas 16 y 17 podemos observar el contraste de los resultados.

Tabla 16. Contraste emisión kg CO₂e fase aprovisionamiento AECOC-MITECO

	AECOC			MITECO		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Enero			51,74			36,10
Febrero	7,06	0,82	8,30	5,71	0,67	6,70
Marzo		8,30	51,19		6,70	38,87
Abril	257,14	184,49	0,82	179,97	132,89	0,67
Mayo	11,26	9,33	44,12	8,99	7,53	32,35
Junio	77,00	46,50	231,39	56,40	34,36	165,84
Julio	114,06	36,91	112,40	81,37	30,64	80,20
Agosto	366,96	217,56	2,02	259,88	154,60	1,81
Septiembre	1,93	61,02	261,83	1,56	43,71	192,23
Octubre	19,02	69,48	147,15	15,32	49,88	104,85
Noviembre		58,15	36,14		43,67	28,42
Diciembre	262,19	174,11		186,98	125,22	
Total	1116,61	866,67	947,10	796,17	629,87	688,04
Comparativa métodos	40,25%	37,60%	37,65%			

Fuente Elaboración propia

Tabla 17. Contraste emisión kg CO₂e fase distribución AECOC-MITECO

	AECOC			MITECO		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Enero	210,05	160,76	160,45	149,54	119,46	99,87
Febrero	205,75	318,72	287,28	146,78	206,94	202,23
Marzo	232,38	127,09	308,87	167,66	92,88	217,29
Abril	239,51	304,98	190,42	167,86	227,20	128,62
Mayo	127,04	331,06	303,27	97,83	231,18	219,18
Junio	328,16	296,10	254,81	235,86	222,26	186,61
Julio	379,35	271,63	319,52	258,46	182,21	214,19
Agosto	318,94	142,89	239,08	204,09	103,21	173,35
Septiembre	207,21	258,54	506,41	150,87	187,08	361,45
Octubre	430,28	282,58	287,06	322,92	190,16	216,80
Noviembre	322,36	375,66	221,16	214,29	273,77	154,80
Diciembre	249,76	220,68	109,27	167,15	147,01	77,02
Total	3250,80	3090,69	3187,60	2283,30	2183,36	2251,42
Comparativa métodos	42,37%	41,56%	41,58%			

Fuente: Elaboración propia

A pesar de realizar la comparativa centrándonos en las emisiones directas en el caso de AECOC, los resultados de AECOC son muy superiores a los cálculos de MITECO. En concreto, como muestran las Tablas 16 y 17, los kg de CO₂e del método de AECOC son aproximadamente un 40% superior que los obtenidos mediante el MITECO.

Esta diferencia, se debe al consumo de litros de diésel a partir de los datos tomados para los cálculos en ambos métodos planteados. En el caso de AECOC, la guía indica unos consumos de los vehículos muy elevados (Tabla 2). Para el estudio hemos tomado los datos de terreno montañoso, pero en caso de tomar los datos de terreno llano también son más elevados que en caso del método de MITECO (Tabla 7).

La mayor diferencia entre ambos métodos la encontramos en las emisiones de CO₂e calculadas en los diferentes tramos 2, realizados mediante el vehículo M3.

Mediante el método de AECOC, las emisiones de kg de CO₂e obtenidas al transportar 25 toneladas de carga durante 100 km en un M3 tomando como referencia los datos de terrenos montañoso y llanos serían los siguientes:

Aplicando la ecuación (1):

Litros diésel (terreno montañoso) = 25 t x 100 km x 0.02 l/tkm = 50 litros de diésel

Litros diésel (terreno llano) = 25 t x 100 km x 0.016 l/tkm = 40 litros de diésel

En el caso de MITECO, el consumo de litros diésel de un M3 en 100 km es de 35 litros, mientras que en el caso de AECOC son 50 litros tomando como referencia los datos de terreno montañoso y 40 en el caso de datos de terreno llano, lo que supone una diferencia considerable.

En la Tabla 18, observamos la comparativa de los cálculos de MITECO y AECOC para el cálculo de los litros de diésel consumidos en un recorrido de 100 km cuando el vehículo va cargado al máximo de su carga útil, donde se observa como los consumos obtenidos por el método de AECOC es superior en todos los vehículos.

Tabla 18. Comparativa litros diésel consumidos en 100 km. Método MITECO y AECOC

Vehículo	MITECO	AECOC	
		Montañoso	Llano
N1	12,00	13,20	13,20
N2	22,00	30,00	28,80
N3	25,00	34,80	32,40
M3	35,00	50,00	40,00

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados han sido contrastados con los directores del TFM, en base a los datos manejados por las empresas del sector y la desviación de los resultados obtenidos por AECOC, se considera que este método actualmente está desfasado, mientras que los datos aportados por MITECO están actualizados de junio de 2023. El método de AECOC queda descartado para el estudio, continuando las comparativas y el análisis de la huella de carbono en el transporte con el método de MITECO.

Por otro lado, a partir de los resultados obtenidos del estudio de la huella de carbono de las 3 fases, y tomando como referencia los datos de MITECO en el caso de las fases de aprovisionamiento y distribución, estudiamos la evolución mensual de las emisiones de CO₂ equivalente generadas en las diferentes fases desde 2020 a 2022, mediante la Tabla 19.

En lo que se refiere a la fase de aprovisionamiento, se observa una generación de GEI irregular, puesto que encontramos meses en los que no se produce CO₂ equivalente mientras que en agosto de 2020 llega a ser 259,88 kg de CO₂e. El hecho que el producto y sus elementos no sean perecederos permite hacer las compras a los proveedores de un volumen considerable, de forma que almacena las materias primas en el almacén.

En la fase de producción no se dan picos de emisiones, como sucede con la fase de aprovisionamiento y de distribución, que es la más estable, aunque existe una clara tendencia reducirse por periodos. Esta disminución no se produce de forma paulatina y continuada, sino que una vez que se ha producido se mantiene constante hasta que vuelve a reducirse.

Por último, en lo referido a la fase de distribución, vemos como se mantiene irregular, aunque no es tan inestable como la fase de aprovisionamiento, se suele mantener entre unos 150 a 250 kg CO₂ equivalente mensuales, aunque también se dan casos puntuales en los que las emisiones se sitúan por encima o por debajo de estos valores. El impacto generado depende de la distancia y del peso del pedido.

Tabla 19. Huella de Carbono por fases

Mes	Aprovisionamiento	Producción	Distribución	Total
ene-20		117,67	149,54	267,21
feb-20	5,71	131,20	146,78	283,69
mar-20		94,30	167,66	261,96
abr-20	179,97	87,33	167,86	435,16
may-20	8,99	55,80	97,83	162,62
jun-20	56,40	56,11	235,86	348,36
jul-20	81,37	66,96	258,46	406,79
ago-20	259,88	73,47	204,09	537,44
sep-20	1,56	58,90	150,87	211,33
oct-20	15,32	65,72	322,92	403,96
nov-20		69,75	214,29	284,04
dic-20	186,98	69,13	167,15	423,25
ene-21		79,36	119,46	198,82
feb-21	0,67	87,42	206,94	295,03
mar-21	6,70	65,41	92,88	164,99
abr-21	132,89	69,75	227,20	429,84
may-21	7,53	58,28	231,18	296,99
jun-21	34,36	43,75	222,26	300,37
jul-21	30,64	58,25	182,21	271,10
ago-21	154,60	50,25	103,21	308,07
sep-21	43,71	56,75	187,08	287,54
oct-21	49,88	48,75	190,16	288,78
nov-21	43,67	50,25	273,77	367,69
dic-21	125,22	68,00	147,01	340,23
ene-22	36,10	59,00	99,87	194,97
feb-22	6,70	68,25	202,23	277,18
mar-22	38,87	46,00	217,29	302,15
abr-22	0,67	46,00	128,62	175,29
may-22	32,35	30,25	219,18	281,79
jun-22	165,84	34,75	186,61	387,20
jul-22	80,20	54,65	214,19	349,04
ago-22	1,81	43,77	173,35	218,93
sep-22	192,23	49,21	361,45	602,89
oct-22	104,85	44,55	216,80	366,20
nov-22	28,42	48,17	154,80	231,39
dic-22		29,96	77,02	106,98

Fuente: Elaboración propia

En definitiva, la irregularidad de la fase de aprovisionamiento se debe a que los pedidos a los proveedores no se hacen bajo demanda, sino que se compran grandes cantidades y por tanto encontramos meses en los que tan apenas se realizan compras. La fase de distribución se encuentra más estable y depende del número de pedidos, la distancia y el peso de estos.

Por último, en lo referido a la fase de producción estudiamos a mayor profundidad los datos, ya que como se ha comentado, existe una tendencia a la reducción de las emisiones de CO2 equivalente, mientras que el consumo de mantiene estable, como se aprecia en la Figura 1.

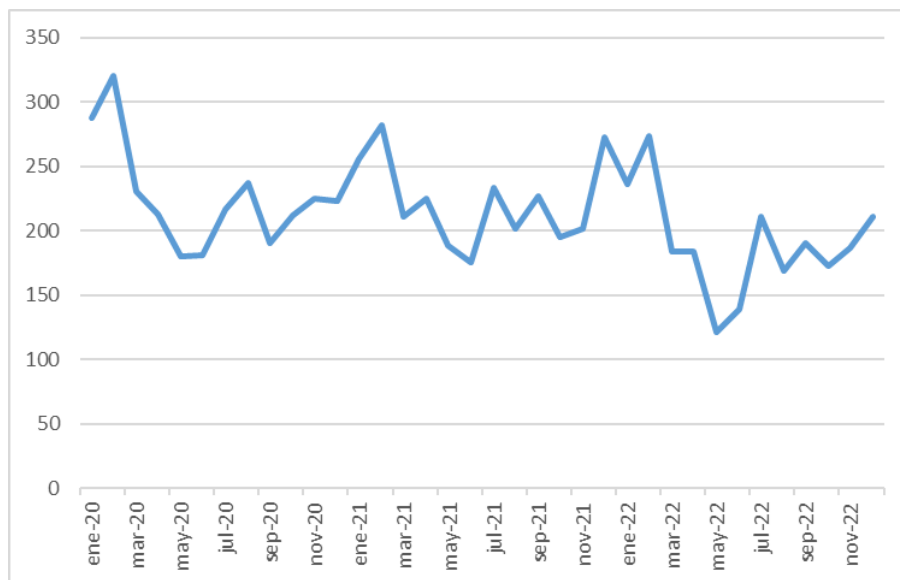


Figura 1. kWh consumidos mensualmente 2020-2022

Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Fase de producción. Emisión de kg de CO2e

Fuente: Elaboración propia

Esta reducción de las emisiones no se debe a que se produzca una disminución del consumo, sino que se da como consecuencia de la reducción del mix energético de la compañía comercializadora, debido a que cada vez las fuentes de energía renovables tienen un mayor peso. De hecho, se observa en la Tabla 12 como en enero de 2020 el mix energético era de 0,41 kg de CO2e por kWh

mientras que en diciembre de 2022 fue de 0,142, lo que ha llevado a una reducción muy notable de las emisiones de GEI en la fase de producción.

5. MEJORA Y REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO

Una vez hemos calculado la huella de carbono de la empresa en las tres fases que desarrolla para llevar a cabo su actividad, se plantean diferentes propuestas que podrían reducir el impacto ambiental de la empresa.

5.1 Agrupación de compras

La agrupación de compras en la fase de aprovisionamiento permite que se realicen un menor número de pedidos anuales, y por tanto se reduce la frecuencia con la que se realizan desplazamientos de camiones de tipo N1, N2 y N3 hasta la fábrica de EMPRESA.

Como se ha mencionado anteriormente, la empresa consta de una nave amplia que le permite tener una gran capacidad de almacenaje tanto de sus productos propios como de las materias primas. Además, los productos con los que se trabaja no son perecederos ni precisan de unas condiciones específicas para su conservación, por lo que el hecho de que estuvieran a temperatura ambiente en la nave durante un largo periodo no afecta en las propiedades del producto.

En la Tabla 20 se muestran las compras que fueron realizadas a un proveedor de Terrassa durante el año 2020.

Tabla 20. Caso práctico pedidos de compra de un proveedor a agrupar

ID	Fecha	kg	Origen	Destino
2	25/02/2020	194	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
4	20/04/2020	181	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
6	07/05/2020	268	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
10	10/06/2020	156	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
12	22/06/2020	207	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
14	08/07/2020	233	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
16	17/07/2020	5	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
17	24/07/2020	292	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
21	28/09/2020	60	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
24	21/10/2020	227	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
25	28/10/2020	194	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
27	15/12/2020	500	Terrassa, Barcelona	EMPRESA
		2517		

Fuente: Elaboración propia

Se producen diferentes pedidos pequeños, pues el de mayor peso es de 500 kg, y algunos de ellos se han realizado en el mismo mes. En total, se han comprado 2.517 kg a este proveedor, que, si se hubiera comprado de forma conjunta, se habría reducido de forma significativa el impacto ambiental.

En la Tabla 21 se muestra como hubiese sido el impacto en caso hacer un solo pedido a este proveedor, calculado a través del método de MITECO detallado en el apartado 4.1.2. Al tratarse de un peso superior a 1.000 kg se pasa de realizar los tramos 1 y 3 de un vehículo N1 a un N2, mientras que el tramo 2 el vehículo será un M3.

Tabla 21. Resultado caso práctico agrupación pedido proveedor

Tramo	Origen	km	Vehículo	Destino	Emisiones CO ₂ e
1	Terrassa, Barcelona	31,3	N2	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	7,27
2	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	24,64
3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N2	EMPRESA	5,22
Total					37,12

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 22 se muestra el resumen todos los cálculos mensuales de la huella de carbono producida en caso de agrupar todos los pedidos por proveedor de forma anual. Cabe destacar que los mayores impactos generados se producen a principios de año, ya que en la fecha que se da la primera compra a un proveedor, es la elegida para que se realice el pedido anual en el caso del pedido agrupado. Por otro lado, en la Tabla 23 vemos el desglose de los pedidos agrupados a proveedores de 2020.

Tabla 22. Emisiones de kg CO₂e, agrupación de pedidos fase Aprovisionamiento

	2020	2021	2022
Enero			205,49
Febrero	37,80	0,67	49,53
Marzo		47,72	77,14
Abril	528,80	360,60	0,67
Mayo	2,03		2,04
Junio	180,90	64,11	245,62
Julio			3,14
Agosto	18,28	68,41	
Septiembre		11,38	29,92
Octubre	0,12	23,83	16,99
Noviembre		1,11	17,24
Diciembre			
TOTAL	767,93	577,84	647,77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Emisiones de CO2e Pedidos agrupados por proveedor fase de aprovisionamiento 2020

Fecha	Ciudad origen	kg	km	Camión Tramo 1	Plataforma logística de origen	km	Camión Tramo 2	Plataforma logística de destino	km	Camión Tramo 3	Destino	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e
11/02/2020	Barcelona	22,4	44,8	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	0,30	0,22	0,15	0,67
25/02/2020	Terrassa (Barcelona)	2517	31,3	N2	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N2	EMPRESA	7,27	24,64	5,22	37,12
17/04/2020	Barcelona	256	28,8	N1	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	319	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	2,22	2,88	1,73	6,82
21/04/2020	Jumilla (Murcia)	9000	74,9	N3	POL,IND.OESTE, C. Uruguay, 7, 30820 Alcantarilla, Murcia	561	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N3	EMPRESA	35,32	177,78	10,61	223,71
21/04/2020	Jumilla (Murcia)	12000	74,9	N3	POL,IND.OESTE, C. Uruguay, 7, 30820 Alcantarilla, Murcia	561	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N3	EMPRESA	47,09	237,03	14,15	298,27
19/05/2020	Barcelona	100	7,8	N1	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	319	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	0,23	1,12	0,68	2,03
01/06/2020	Leganes	10	14,2	N1	Av. de la Lealtad, 4 (P.I. Los Olivos)-28906-GETAFE	317	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	0,04	0,11	0,07	0,22
04/06/2020	Barcelona	600	9,6	N1	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	278	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	1,73	5,87	4,06	11,66
26/06/2020	Almeria	5625	16,2	N2	Diseminado Cañada Viator Cr, 352, 04120 Almería	752	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N2	EMPRESA	8,40	148,94	11,67	169,01
30/08/2020	Bizkaia	950	4,6	N1	planta E, nave 29-48960-GALDACANO	315	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	1,31	10,54	6,43	18,28
20/10/2020	Cuarte De Huerva	10	17,2	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	0	M3	C. Aversa, 50197 Zaragoza	22,5	N1	EMPRESA	0,05	0,00	0,07	0,12

Fuente: Elaboración propia

5.2 Agrupación de ventas por zonas

Una de las agrupaciones que se proponen para los pedidos de venta son por provincias, para que aquellos pedidos que se encuentren próximos sean recogidos de forma conjunta desde EMPRESA y realicen parte del trayecto en el mismo vehículo.

Para ello se agrupan los pedidos de venta por provincias o zonas, en el caso de ser ventas a Portugal. Para la agrupación es fundamental considerar la fecha en la que se ha producido en este caso el pedido, de forma que se unan las compras que se dan en un periodo máximo de 15 días, ya que hasta la fecha los clientes hacen los pedidos bajo demanda, y muchos de ellos no tienen una gran capacidad en sus instalaciones para almacenar los productos.

Tabla 24. Caso práctico agrupación de ventas por provincias

ID	Fecha	kg	Origen	km	Camión Tramo 1	Plataforma logística de origen	km	Camión Tramo 2	Plataforma logística de destino	km	Camión Tramo 3	Destino
2	07.01.2020	1390	EMPRESA	23	N2	C. Aversa, 50197 Zaragoza	278	M3	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	31	N2	Terrassa, Barcelona
3	08.01.2020	1052	EMPRESA	23	N2	C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N2	Barcelona
10	13.01.2020	700	EMPRESA	23	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N1	Barcelona
16	22.01.2020	350	EMPRESA	23	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N1	Barcelona
		3492										

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 24 observamos diferentes pedidos de ventas donde el destino es la provincia de Barcelona, además se producen en fechas cercanas, ya que, entre las dos fechas más separadas, se dan 15 días, por lo que pueden ser agrupadas. El pedido es recogido por un solo vehículo, para ser desplazado a la plataforma logística de Zaragoza.

En este caso, la fecha tomada como referencia para el pedido agrupado es la última en entrar (22/01/2020) lo que supone que el cliente que solicitó la compra el día 07/01/2020 esperará al día 22 para que la mercancía sea recogida en la fábrica. Cabe destacar, que, en el caso de las agrupaciones, se indica un número de grupo en las tablas, lo que nos permite identificar que pedidos se han estudiado de forma conjunta. En este caso, analizamos el grupo de pedidos número 11, como muestra la Tabla 25.

Tabla 25. Pedidos de venta de la provincia de Barcelona agrupado

ID Grupo	ID	Fecha	kg	kg grupo	Origen	km	Camión Tramo 1	Plataforma logística de origen	km	Camión Tramo 2	Plataforma logística de destino	km	Camión Tramo 3	Destino
11	2	22/01/2020	1390	3492	EMPRESA	22,5	N2	C. Aversa, 50197 Zaragoza	278	M3	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	31	N2	Terrassa, Barcelona
11	3	22/01/2020	1052		EMPRESA	22,50		C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N2	Barcelona
11	10	22/01/2020	700		EMPRESA	22,50		C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N1	Barcelona
11	16	22/01/2020	350		EMPRESA	22,50		C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N1	Barcelona

Fuente: Elaboración propia

En este caso se recogería toda la carga el 22/01/2020 y sería llevada a la plataforma logística de Zaragoza en un camión N2, donde se reparte en camiones M3 a las plataformas logísticas de destino. Como podemos ver en la Tabla 25, en Barcelona tenemos más de una plataforma logística diferente, por lo que el trayecto 2 se hace en dos camiones M3 diferenciados.

Para el cálculo de las emisiones, se estudian de forma conjunta los kg de CO₂e para el tramo 1, tomando los kg del pedido agrupado nº 11, mientras que para los tramos 2 y 3 se analizan de forma separada, con los kg del pedido a estudiar.

Calculamos los litros de diésel totales consumidos por el vehículo aplicando la ecuación (5)

Litros diésel total tramo 1 (Grupo nº 11) = 22,5 km x 0,22 l/km = 4,95 l diésel

Litro diésel total tramo 2 (pedido nº 2) = 278 km x 0,35 l/km = 97,30 l diésel

Posteriormente, determinamos los litros consumidos derivados de pedido de EMPRESA mediante la ecuación (6):

Litros por el pedido tramo 1 (Grupo nº 11) = 4,95 l x (3.492 kg / 6.000 kg) = 2,88 l diésel

Litros por el pedido tramo 2 (pedido nº 2) = 97,30 l x (1.390 kg / 25.000 kg) = 5,41 l diésel

Transformamos los litros diésel en kg de CO₂e, aplicando la ecuación (4)

Emisiones Tramo 1 (Grupo nº 11) = 2,88 l x 2,515 kg CO₂e/l = 7,25 kg CO₂e

Emisiones Tramo 2 (pedido nº 2) = 5,41 l x 2,515 kg CO₂e/l = 13,61 kg CO₂e

El impacto generado en el tramo 1 se le anota al primer pedido que forma el grupo, mientras que el resto de los pedidos del grupo tienen un impacto nulo para el tramo 1, como se indica en la Tabla 26.

Para el tramo 2 y 3 se calcula por separado el impacto de cada uno de los pedidos. Por un lado, en el tramo 2, siempre se realiza el desplazamiento en un tráiler M3. Cabe destacar que, calculando el porcentaje sobre la carga neta que supone el pedido, a pesar de realizar el transporte en el mismo camión, en caso de que la plataforma logística de destino sea la misma, el resultado del cálculo no varía. Además, nos permite diferenciar en aquellos casos en los que la plataforma logística de destino es distinta, como en el caso de la agrupación nº 11. El tramo 3 también se estudia por separado en cada pedido, puesto que la empresa cliente es diferente.

Tabla 26. Emisiones de CO2e fase distribución agrupado por zonas. Caso práctico grupo ID 11

ID	Fecha	kg grupo	Origen	Destino	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e
2	22/01/2020	3492	EMPRESA	Terrassa, Barcelona	7,25	13,61	3,95	24,80
3	22/01/2020		EMPRESA	Barcelona	0,00	11,82	0,95	12,77
10	22/01/2020		EMPRESA	Barcelona	0,00	7,86	2,06	9,93
16	22/01/2020		EMPRESA	Barcelona	0,00	3,93	1,03	4,96
								52,45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Emisiones de CO2e. Fase distribución agrupado por zonas

	2020	2021	2022
Enero	125,21	110,70	97,88
Febrero	154,80	196,43	188,37
Marzo	146,10	85,89	202,27
Abril	166,13	211,87	50,50
Mayo	106,14	227,21	267,56
Junio	211,07	191,32	187,35
Julio	270,10	191,64	213,51
Agosto	203,58	94,70	174,24
Septiembre	133,30	143,61	340,63
Octubre	301,98	213,11	209,73
Noviembre	222,76	225,40	138,20
Diciembre	158,99	163,81	99,02
Total	2200,14	2055,70	2169,27

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que, para el estudio del agrupamiento de pedidos por zonas, no todos los pedidos se han podido agrupar, ya que una parte importante de las ventas de la empresa se producen en provincias en las que no se suelen haber pedidos de una forma regular, de hecho, en las provincias donde más agrupaciones de han dado son las de Cataluña, comunidad de Madrid y Andalucía.

A continuación, en la Tabla 28 se observa el ID del nº de grupo de aquellos pedidos que se pueden agrupar con otros, ya que existe una venta a otra empresa ubicada en la misma provincia o zona y en una fecha próxima. Resaltar que aquellos pedidos que queden sin ID en nº de grupo, no ha sido posible agruparlos con otros.

Tabla 28. Fase de distribución, pedidos agrupados por zonas. Casos prácticos desglosados (MITECO)

ID Grupo	ID	Fecha	kg	kg trayecto unido	Origen	km	Camión tramo 1 grupo	Plataforma logística de origen	km	Camión Tramo 2	Plataforma logística de destino	km	Camión Tramo 3	Ciudad destino	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e
	11	15.01.2020	25	25	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	317	M3	Av. de la Lealtad, 4 (P.I. Los Olivos)-28906-GETAFE	17,9	N1	Fuenlabrada (Madrid)	0,17	0,28	0,13	0,58
136	1	16.01.2020	117	192	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	824	M3	Centro De Transportes De Mercancias, A-92, Km 0, 41006 Sevilla	14,6	N1	Sevilla	1,30	3,39	0,51	5,21
136	13	16.01.2020	75	0	EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	824	M3	Centro De Transportes De Mercancias, A-92, Km 0, 41006 Sevilla	2,8	N1	Sevilla	0,00	2,18	0,06	2,24
	12	16.01.2020	250	250	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	706	M3	C/ Leiteiras 3-4-5 (P.I. El Ceao)-27003-LUGO	1,5	N1	Lugo Galicia	1,69	6,21	0,11	8,02
	14	16.01.2020	150	150	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	550	M3	C/ Peña Salon, 50-51 nave 4 (P.I. Silvota)-33192-OVIEDO	0,5	N1	Silvota (Llanera-Pol. Industrial) (Asturias)	1,01	2,90	0,02	3,94
	15	21.01.2020	366	366	EMPRESA	22,5	N1	C. Aversa, 50197 Zaragoza	473	M3	C/ 2 (P. I. Industrial Manzanares)-13200-MANZANARES	45	N1	Villarrubia De Los Ojos (Ciudad Real)	2,48	6,10	4,95	13,52
11	2	22.01.2020	1390	3492	EMPRESA	22,5	N2	C. Aversa, 50197 Zaragoza	278	M3	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	30,8	N2	Terrassa (Barcelona)	7,25	13,61	3,95	24,80
11	3	22.01.2020	1052	0	EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N2	Barcelona	0,00	11,82	0,95	12,77
11	10	22.01.2020	700	0	EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N1	Barcelona	0,00	7,86	2,06	9,93
11	16	22.01.2020	350	0	EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N1	Barcelona	0,00	3,93	1,03	4,96

Fuente: Elaboración Propia

5.3 Agrupación pedidos ventas por fechas

Otra forma planteada para la agrupación de los pedidos es por calendario, de modo que se den envíos desde la fábrica de EMPRESA los días 10, 20 y último día del mes. Esto permite reducir notablemente la frecuencia con la que los camiones van a la fábrica para transportar la mercancía a la plataforma logística de Zaragoza.

Fijar el día de envío también permite a los clientes una mejor gestión ya que pueden planificar que productos puede llegar a necesitar en el periodo de 10 días. En función del peso del total de los pedidos agrupados, la mercancía será recogida mediante un vehículo N1, N2 o N3.

Para el cálculo, se realiza como se detalló en el apartado 4.1.2 del método de MITECO, pero con la diferencia de que las emisiones de CO₂e del tramo 1, al igual que en el caso de los pedidos agrupado por zonas, se calcula con el peso del total del grupo y se le anota en el primer pedido de venta que se realizó, teniendo los siguientes un impacto ambiental nulo. Por otro lado, en lo que se refiere a los tramos 2 y 3 se estudiarán por separado con la distancia y los kg de material que le correspondan al pedido sin agrupar, al igual que en el caso de los envíos agrupados por zonas.

A continuación, en la Tabla 29 vemos el primer grupo de pedidos que se realizaría en el año 2020, que abarca los pedidos realizados entre los días 1 y 10 de enero, con la fecha de envío para el día 10/01/2020, identificado como grupo 1

Tabla 29. Emisiones de CO2. Agrupación día 10/01/2020 fase distribución

ID Grupo	ID	Fecha	kg	kg grupo	Origen	km	Camión tramo 1 grupo	Plataforma logística de origen	km	Camión Tramo 2	Plataforma logística de destino	km	Camión Tramo 3	Ciudad destino	Tramo 1 kg CO2e	Tramo 2 kg CO2e	Tramo 3 kg CO2e	Total kg CO2e
1	1	10.01.2020	117	3477,0	EMPRESA	22,5	N2	C. Aversa, 50197 Zaragoza	824	M3	Centro De Transportes De Mercancias, A-92, Km 0, 41006 Sevilla	14,6	N1	Sevilla	7,21	3,39	0,51	11,12
1	2	10.01.2020	1390		EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	278	M3	Carrer del Doctor Ferran, 38, 08243 Manresa, Barcelona	30,8	N2	Terrassa (Barcelona)	0,00	13,61	3,95	17,55
1	3	10.01.2020	1052		EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	319	M3	Hellmann Worldwide Logistics, Av. les Garrigues, 5-7, 08820 El Prat de Llobregat, Barcelona	9,8	N2	Barcelona	0,00	11,82	0,95	12,77
1	4	10.01.2020	205		EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	177	M3	C. Tudela, 59, 31119 Óriz, Navarra	95,4	N1	Tudela (Navarra) Pamplona	0,00	1,28	5,88	7,16
1	5	10.01.2020	100		EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	920	M3	C. Dracma, 9, 11591 Jerez de la Frontera, Cádiz	6,9	N1	Jerez De La Frontera (Cadiz)	0,00	3,24	0,21	3,45
1	6	10.01.2020	343		EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	752	M3	Diseminado Cañada Viator Cr, 352, 04120 Almería	9,7	N1	Almeria	0,00	9,08	1,00	10,08
1	7	10.01.2020	10		EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	180	M3	C. Candado, 17, 26009 Logroño, La Rioja	2,2	N1	Logroño	0,00	0,06	0,01	0,07
1	8	10.01.2020	250		EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	708	M3	Carretera Bailen, 36, 18210 Peligros, Granada	5,2	N1	Maracena (Granada)	0,00	6,23	0,39	6,62
1	9	10.01.2020	10		EMPRESA	22,5		C. Aversa, 50197 Zaragoza	168	M3	lleida, Carrer V, 25190 Lleida	2,3	N1	Lerida	0,00	0,06	0,01	0,07

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 29 vemos como se pueden unir un número considerable de pedidos en un solo viaje, además eran de un peso muy bajo que, al poder unirlos en una sola recogida, pasa a ser de 3.477 kg, supone un viaje de un vehículo N2 a la fábrica de EMPRESA, que desplaza el pedido agrupado hasta la plataforma logística de Zaragoza. Al pasar a un vehículo N2, el impacto total en kg de emisiones de CO₂e producidas en el tramo 1 sería de 7,21, que se anota en el primer pedido del grupo, teniendo un impacto nulo para este mismo tramo en el resto de los pedidos que forman el tramo.

Una vez se encuentra la mercancía en la plataforma logística, cada uno de los pedidos de las diferentes empresas que forman el grupo siguen su trayecto, por lo que en tramo 2 y 3 se estudian de forma individualizada. Cada uno de los pedidos irá en un tráiler M3 hasta la plataforma logística que le corresponda en función de donde se encuentre la empresa cliente.

5.4 Gestión de los envases

Una vez el producto de EMPRESA llega a la empresa cliente o distribuidora y es utilizado, el cliente se hace responsable de la gestión correcta de los envases y los pallets empleados para transportar la mercancía. En algunas ocasiones será reciclado o reutilizado, pero en otras será desechado.

Para conocer la cantidad de materiales que se deben gestionar desde la empresa se estudian los envases generados derivados de los productos de EMPRESA, además de los pallets, que son empleados para los envíos. Los materiales que se muestran en la Tabla 30 son los generados por la empresa para comercializar sus productos. Para el estudio de la cantidad producida de estos materiales se indica su peso en gramos.

Tabla 30. Peso en gramos de los materiales

Material	HDPE (g)	Aluminio (g)	Madera (g)
Pallet 800 X 1200			12000
Pallet 600 X 800			10000
Bidón 20 l apilable D60 900 g natural (PEHD)	900		
Tapón D60 rojo-term. Técnicos siempre (PEHD)	4,3		
Tarro rosca 500cc HDPE natural largo- Tapa negra + Obturador	35		
Cubo aluminio		370	

Fuente: Datos proporcionados por los fabricantes

En cuanto a los pallets, comentar que en la empresa se fabrican pallets de dimensiones pequeñas a partir de otros antiguos, de los que se reutilizan algunas de sus partes, por lo que no son considerados materiales de la empresa a gestionar. Sin embargo, para los pedidos de grandes dimensiones se compran pallets de 600 x 800 y 800 x 1200, que serán empleados en función del peso del envío.

Tabla 31. Pallets según kg de la mercancía

Material	Rango (kg)	
Pallet grande 800 x 1200	250	350
Pallet pequeño 600 x 800	350	800

Fuente: Elaboración propia

Dado que disponemos del peso de los pedidos de los clientes, en base a los rangos indicados en la Tabla 31, se estiman los pallets comprados que han sido empleados mensualmente para los envíos a los clientes (Tabla 32).

Tabla 32. N° de pallets mensual

Mes	Pallets 800 x 1200			Pallets 600 x 800		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Enero	7	8	7	4	1	1
Febrero	8	14	13	3	1	2
Marzo	9	4	10	2	2	2
Abril	8	12	7	2	4	3
Mayo	5	11	11	1	3	1
Junio	13	12	10	3	2	4
Julio	13	13	13	2	2	1
Agosto	10	6	8	3	1	4
Septiembre	9	9	21	1	4	1
Octubre	16	12	11	7	4	1
Noviembre	13	13	9	2	2	0
Diciembre	9	8	5	1	3	0
Total	120	122	125	31	29	20

Fuente: Elaboración propia

Además de los pallets, calculamos los envases que han sido empleados anualmente para las ventas de los productos, para poder conocer así los kilogramos de residuos a gestionar que esto supone a la empresa.

Tabla 33. N.º de productos usados anualmente

Material	2020	2021	2022
Tarro rosca 500cc HDPE natural largo- Tapa negra + Obturador	564	554	561
Pallets 800 X 1200	120	122	125
Pallets 600 X 800	31	29	20
Tapón D60 rojo-term. Técnicos siempre (PEHD)	3543	3241	3252
Cubo aluminio	294	79	163
Bidón 20 l apilable D60 900 g natural (PEHD)	3543	3241	3252

Fuente: Elaboración propia

Conociendo en número de material utilizado para la comercialización del producto y los pesos de cada uno de estos, calculamos los kg de cada uno de los materiales que son adquiridos para la puesta a la venta del producto de EMPRESA, como se indica en la Tabla 34.

Tabla 34. Residuos generados (kg)

Material	2020	2021	2022
HDPE	3223,53	2950,35	2959,43
Madera	1750,00	1754,00	1700,00
Aluminio	108,95	29,35	60,37

Fuente: Elaboración propia

Dado que las empresas a las que vende EMPRESA se encuentran en toda España y los productos son empleados principalmente en obras de estos instaladores, no es posible que los clientes y distribuidores conserven los envases en sus instalaciones para ser recogidas por EMPRESA para su reutilización. Además, el trayecto que tendrían que hacer sería en muchas ocasiones inviable, de forma que actualmente para todos los materiales (Tabla 34) el cliente se hace responsable de su gestión, por lo que no conocemos si es gestionado correctamente o desechado.

Actualmente, los envases domésticos generados por las empresas para en consumo de los hogares, está afectado por la Responsabilidad Ampliada de Productor (RAP), donde se establece que quien contamina paga, de forma que las empresas que ponen en el mercado los envases son las responsables de la gestión de estos. En el caso de EMPRESA este reglamento no le afecta, ya que sus envases son comerciales.

En 2022 se dio una actualización el régimen de la Responsabilidad Ampliada de Productor con la publicación del decreto 1055/2022, en la que no solo afecta a los envases domésticos, sino que también a los productores de los envases comerciales, como es el caso de EMPRESA, que deberá hacer frente a esta responsabilidad de forma individual o a través un Sistema Colectivo de Responsabilidad Ampliada del Productor (SCRAP), como es Ecoembes. EMPRESA no es la empresa fabricante de los envases, pero sí que es la responsable de estos, ya que los compra para comercializar el producto que fabrica, de forma que su adhesión en Ecoembes le permitiría cumplir con la normativa que entrará en vigor en 2025 y llevar a cabo una gestión adecuada de los materiales empleados para la comercialización de sus productos.

6. RESULTADOS

6.1 Comparativa de vehículos

La agrupación de los pedidos hace que estos sean de un mayor peso, lo que la empresa dedicada a la logística desplaza un mayor número de pedidos en vehículos N2 y N3, reduciendo así los trayectos en N1, que en relación con el peso que puede transportar es el vehículo más contaminante.

En la Tabla 35 se muestran las emisiones de kg de CO₂e que genera cada uno de los vehículos empleados en realizar el tramo desde EMPRESA a la plataforma Logística de Zaragoza (22,5 km), considerando que los vehículos van cargados al máximo de su carga útil.

Tabla 35. Comparativa vehículos N1, N2 y N3

Tipo de vehículo	Factor conversión 2021	Consumo litros diesel por 100 km	Capacidad carga	kg de CO ₂ e generadas con la carga máxima del vehículo	kg de CO ₂ e por transportar 500 kg de mercancía
N1	2,506	12	1000	6,77	3,38
N2	2,518	22	6000	12,46	1,04
N3	2,518	25	12000	14,16	0,59

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 35 se observa como transportar 500 kg de EMPRESA a la plataforma logística con el vehículo N1 supone contaminar 3 veces más que con el N2 y 6 veces más que con el vehículo N3. De este modo se demuestra como la agrupación de los pedidos de forma que se recoja la mercancía en vehículos con mayor capacidad reduce el impacto ambiental.

Por otro lado, en lo referido a los trayectos entre las plataformas logísticas, siempre se realizan en camión tráiler M3, de forma que en este tramo no afecta si el pedido está agrupado o no, ya que en el estudio siempre se supone que va al completo, transportando la mercancía de EMPRESA junto con mercancía de otras empresas.

En definitiva, dado que los vehículos transportan mercancía de otras empresas, solo logramos reducir el impacto ambiental en el momento que el peso del pedido requiere que un vehículo de mayor capacidad de carga.

6.2 Agrupaciones de pedidos de compra

En lo referido a las agrupaciones propuestas para los pedidos realizados a los proveedores, como se observa en los cálculos realizados en el apartado 5.1, se aminoran las emisiones de CO₂e, ya que se reduce la frecuencia de los trayectos y además la mercancía se transporta en vehículos de un mayor tamaño, lo que permite que sea más eficiente los tramos 1 y 3 de la ruta del pedido.

Mediante la agrupación de los pedidos de compras, realizando una compra anual de los materiales a cada proveedor, se observa una reducción significativa de las emisiones generadas. En la Tabla 36 se muestra una comparativa de las emisiones de kg de CO₂e producidos de forma mensual en el periodo 2020-2022 a partir de la cual se calcula la tasa de reducción que se podría haber dado en cada ejercicio.

Tabla 36. Comparativa emisiones kg de CO2e pedidos de compra.

Mes	Pedidos sin agrupar			Pedidos agrupados		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Enero			36,10			205,49
Febrero	5,71	0,67	6,70	37,80	0,67	49,53
Marzo		6,70	38,87		47,72	77,14
Abril	179,97	132,89	0,67	528,80	360,60	0,67
Mayo	8,99	7,53	32,35	2,03		2,04
Junio	56,40	34,36	165,84	180,90	64,11	245,62
Julio	81,37	30,64	80,20			3,14
Agosto	259,88	154,60	1,81	18,28	68,41	
Septiembre	1,56	43,71	192,23		11,38	29,92
Octubre	15,32	49,88	104,85	0,12	23,83	16,99
Noviembre		43,67	28,42		1,11	17,24
Diciembre	186,98	125,22				
Total anual	796,17	629,87	688,04	767,93	577,84	647,77

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos calculamos la tasa de reducción anual de la huella de carbono mediante la ecuación de la tasa de variación:

$$\text{Tasa de variación} = 1 - (\text{kg CO}_2\text{e pedidos agrupados} / \text{kg CO}_2\text{e pedidos sin agrupar}) \quad (6)$$

Aplicando la ecuación (6):

$$\text{Tasa reducción de 2020} = 1 - (767,93/796,17) = 3,55\%$$

Tabla 37. Tasa de reducción emisiones de kg CO2e agrupación pedidos compras y comparativa de nº de pedidos realizados

	2020	2021	2022	Total
Tasa de reducción	3,55%	8,26%	5,85%	5,70%
Nº pedidos agrupados	11	13	14	38
Nº pedidos sin agrupar	27	30	31	88

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 37 se observa como la tasa de reducción de 2020 es menor que en 2021 y 2022, a su vez el número de pedidos realizados en 2021 y 2022, tanto agrupados como sin agrupar, son similares, mientras que la tasa de reducción de 2021 es superior. Todo esto demuestra la importancia de reducir el número de pedidos para usar unos vehículos más eficientes, dado que, si agrupamos, pero no logramos que la recogida sea por un camión de mayor dimensión, pasar de un N1 a N2 o de un N2 a un N3, no se logra la reducción de kg de CO2e.

A pesar de que en unos ejercicios la medida ha tenido mejores resultados que en otros, se ve como logramos mejorar la huella de carbono en la fase de aprovisionamiento de todos los ejercicios, alcanzando una reducción total de 5.70%.

6.3 Agrupación de pedidos de venta por zonas

En lo referido a las agrupaciones por zonas, concretamente por provincias, se ha demostrado en los cálculos que un número significativo de pedidos han quedado sin agrupar, dado que no se daban más pedidos en su misma provincia en fechas próximas. En la Tabla 38 se observa que la frecuencia con la que se realizan los envíos a la plataforma logística de Zaragoza desde EMPRESA disminuye, aunque evidentemente el número de pedidos siguen siendo los mismos, ya que una vez en la plataforma logística, siguen su trayecto.

Tabla 38. Comparativa nº envíos a la plataforma logística tras la agrupación por zonas

Mes	Nº envíos sin agrupar			Nº envíos agrupados por zonas		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Enero	20	14	10	15	9	7
Febrero	19	21	24	12	11	14
Marzo	18	17	22	12	10	14
Abril	17	21	16	12	12	12
Mayo	17	19	26	15	11	19
Junio	26	20	27	15	14	16
Julio	26	24	23	21	16	17
Agosto	15	9	21	12	6	12
Septiembre	21	28	24	15	17	14
Octubre	35	26	27	24	16	21
Noviembre	19	26	18	11	16	14
Diciembre	16	16	16	10	11	10
Total anual	249	241	254	174	149	170

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar, que en algunas ocasiones se han agrupado pedidos, pero al no superar los 1.000 kg el peso total, no se ha logrado cambiar a un vehículo N2 o N3 para la recogida de la mercancía, de forma que el impacto ha sido el mismo. En la Tabla 39 observamos la comparativa de las emisiones generadas en caso de no agrupar los pedidos de ventas y una vez realizada la agrupación de los pedidos por provincias, donde se percibe una disminución de las emisiones generadas. No obstante, podemos ver en casos puntuales que al realizarse la agrupación las emisiones generadas han incrementado, como es el caso de diciembre de 2021, donde se ha pasado de generar 147,01 kg de CO₂e a 162,76. Esto se debe a la forma en que está planteada esta medida, ya que se agrupan envíos de pedidos de diferentes meses, por lo que en este caso pedidos solicitados en noviembre de 2021 han sido enviados en diciembre de 2021. Esto provoca una mayor reducción de la generación de emisiones en noviembre, siendo un 17,67 %, y un aumento de estas en el mes de diciembre, donde la tasa de reducción es de un -10,72%.

En definitiva, en la Tabla 39 se observa como de forma anual se logra una reducción de las emisiones de CO₂e mientras que, de forma mensual, a pesar de que se mitiga el impacto ambiental, toma una mayor importancia la fecha en la que se realiza el pedido agrupado. Así, aquellos meses en los que encontramos una gran reducción, vienen acompañados de un incremento de generación de emisiones en el mes previo o posterior.

Tabla 39. Comparativa emisiones kg de CO2e pedidos de ventas agrupados por zonas

Mes	Pedidos sin agrupar			Pedidos agrupados por zonas			Tasa reducción kg de CO2e		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Enero	149,54	119,46	99,87	125,21	110,70	98,93	16,27%	7,33%	0,94%
Febrero	146,78	206,94	202,23	154,80	196,43	188,37	-5,46%	5,08%	6,86%
Marzo	167,66	92,88	217,29	146,10	85,89	202,27	12,86%	7,53%	6,91%
Abril	167,86	227,20	128,62	163,68	207,27	55,10	2,49%	8,77%	57,16%
Mayo	97,83	231,18	219,18	108,58	194,44	267,56	-10,99%	15,89%	-22,07%
Junio	235,86	222,26	186,61	207,47	224,10	185,92	12,04%	-0,82%	0,37%
Julio	258,46	182,21	214,19	273,70	191,64	214,94	-5,90%	-5,17%	-0,35%
Agosto	204,09	103,21	173,35	203,58	94,70	167,12	0,25%	8,25%	3,60%
Septiembre	150,87	187,08	361,45	133,30	143,61	347,75	11,64%	23,24%	3,79%
Octubre	322,92	190,16	216,80	301,98	213,11	203,99	6,49%	-12,07%	5,91%
Noviembre	214,29	273,77	154,80	222,76	225,40	143,94	-3,95%	17,67%	7,01%
Diciembre	167,15	147,01	77,02	158,99	162,76	99,02	4,88%	-10,72%	-28,56%
Total	2283,30	2183,36	2251,42	2200,14	2050,05	2174,93	3,64%	6,11%	3,40%

Fuente: Elaboración propia

Para reducir el impacto ambiental se tiene que agrupar al máximo y el hecho de hacerlo por provincias no lo permite. Por un lado, hacemos esperar a salir un pedido hacia una provincia, cuando puede ser que venga un camión para llevar mercancía a la plataforma logística con destino a otra provincia. Además, el pedido una vez llega a la plataforma logística, será agrupado con pedidos que vayan también a esa misma plataforma logística de destino. Al darse en determinadas provincias más de una plataforma logística, como puede ser el caso de Barcelona, una vez que llega la mercancía desde EMPRESA a la plataforma de Zaragoza, es separada, por lo que no tendría sentido que esperase a mercancía de su misma provincia de destino.

Por último, el hecho que sea emplee siempre un vehículo M3 para transportar la mercancía entre plataformas logísticas, y que estos vayan con su carga completa, hace que no afecte el haber agrupado o no los pedidos, de forma que no es necesario que un envío tenga que esperar en la fábrica a otro pedido que se dirija a la misma provincia. En caso de que se esté produciendo una recogida en la fábrica para otro destino, se podrían ir en el mismo vehículo a la plataforma logística. La reducción de la huella de carbono se debe a la disminución de las emisiones en los tramos 1.

En definitiva, la reducción de las emisiones de CO2e con la alternativa planteada es muy baja respecto al margen de mejora que se tiene, ya que, si se lograra agrupar todos los pedidos de ventas, la disminución de kg de CO2e generados sería mayor.

6.4 Agrupación de pedidos de venta en calendario

La agrupación por calendario permite una mejor organización tanto a las empresas clientes como a EMPRESA, ya que posibilita una planificación de producción y también a los clientes en cuanto a las necesidades.

El hecho de que se fije el envío de los pedidos los días 10, 20 y último día del mes, hace que todos los pedidos de compras queden agrupados para realizar conjuntamente el tramo 1 en un mismo vehículo, y que este al llevar un peso considerablemente mayor, sea transportado principalmente por un camión N2 o N3, que son menos contaminantes.

En la Tabla 40 se muestra como la agrupación de los pedidos de ventas, de forma que la recogida de estos de produzca tres días al mes, permite que la frecuencia del transporte para los envíos desde fábrica se reduzca muy significativamente. En el caso de la agrupación se dan tres recogidas al mes excepto en el caso de enero de 2022, donde los últimos 10 días de este mes no se produjo ningún pedido.

Tabla 40. Comparativa nº recogidas de envío de pedidos de compras tras la agrupación por fechas

Mes	Nº envíos sin agrupar			Nº envíos agrupados por fechas		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Enero	20	14	10	3	3	2
Febrero	19	21	24	3	3	3
Marzo	18	17	22	3	3	3
Abril	17	21	16	3	3	3
Mayo	17	19	26	3	3	3
Junio	26	20	27	3	3	3
Julio	26	24	23	3	3	3
Agosto	15	9	21	3	3	3
Septiembre	21	28	24	3	3	3
Octubre	35	26	27	3	3	3
Noviembre	19	26	18	3	3	3
Diciembre	16	16	16	3	3	3
Total anual	249	241	254	36	36	35

Fuente: Elaboración propia

El hecho que se produzca una reducción tan significativa del número de envíos de la fábrica a la plataforma logística hace que el peso de estos sea muy superior a el caso en que fuesen recogidos los pedidos por separado, como en la situación inicial. Como ya se ha mencionado, la agrupación permite que la mercancía sea transportada a la plataforma logística de Zaragoza por un vehículo de tipo N2 o N3, lo que hace que el transporte en este trayecto sea más eficiente en lo que se refiere a emisión de GEI.

A diferencia de la medida de agrupación de los pedidos por provincias, no solo permite agrupar la totalidad de los envíos que se producen, sino que se alcanzan mayores tasas de reducción a lo largo de todo el periodo 2020-2022. En este caso las tasas de reducción mensuales también son representativas, ya que los pedidos enviados en el mes son los solicitados, por lo que no encontramos tasas negativas, como en la medida anterior.

Tabla 41. Comparativa emisiones kg de CO₂e pedidos de ventas agrupados por fechas

	Pedidos sin agrupar			Pedidos agrupados por fechas			Tasa reducción kg de CO ₂ e		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Enero	149,54	119,46	99,87	131,09	101,60	94,74	12,34%	14,95%	5,13%
Febrero	146,78	206,94	202,23	127,54	188,52	177,64	13,10%	8,90%	12,16%
Marzo	167,66	92,88	217,29	150,18	82,87	198,47	10,43%	10,78%	8,66%
Abril	167,86	227,20	128,62	147,33	195,83	113,05	12,23%	13,81%	12,10%
Mayo	97,83	231,18	219,18	84,16	213,30	192,00	13,98%	7,73%	12,40%
Junio	235,86	222,26	186,61	209,05	186,82	157,33	11,36%	15,94%	15,69%
Julio	258,46	182,21	214,19	235,54	163,55	190,91	8,87%	10,24%	10,87%
Agosto	204,09	103,21	173,35	196,83	88,70	150,53	3,56%	14,06%	13,17%
Septiembre	150,87	187,08	361,45	129,50	163,70	327,07	14,16%	12,50%	9,51%
Octubre	322,92	190,16	216,80	278,41	171,02	194,74	13,78%	10,06%	10,17%
Noviembre	214,29	273,77	154,80	193,90	241,04	143,35	9,52%	11,95%	7,40%
Diciembre	167,15	147,01	77,02	151,56	135,84	66,05	9,33%	7,60%	14,24%
Total	2283,30	2183,36	2251,42	2035,07	1932,80	2005,88	10,87%	11,48%	10,91%

Fuente: Elaboración propia

Tal y como se ve en la Tabla 41, se demuestra claramente como la agrupación de los envíos reduce muy significativamente las emisiones de kg de CO₂e. En el caso de octubre de 2020, que es el mes en el que se da un mayor número de pedidos, vemos que se pasa de 35 envíos desde fábrica a la plataforma logística a 3, logrando así una reducción de 13,78%. Cabe destacar, que la reducción no solo depende número de pedidos agrupados, sino también del peso de estos y el vehículo que lo transporta en caso de envío sin agrupar, pues encontramos como en enero de 2021 se alcanza una tasa de reducción de 14,95%, cuando se ha pasado de 14 envíos a 3.

Para la agrupación, solo se considera la fecha del pedido, independientemente del destino, dado que una vez llegue a la plataforma logística de Zaragoza es agrupado en el camión M3 correspondiente con mercancías de otras empresas. Como ya se ha mencionado, los camiones van al completo por lo que no afecta el peso transportado en este tramo. Mientras que en el tramo 3, al estudiarse por separado, vuelve a ser más alto, en función del peso de la mercancía y el vehículo que realice el desplazamiento. En definitiva, al igual que en el caso anterior, únicamente se reduce las emisiones de kg de CO₂ en el tramo 1.

6.5 Gestión de los residuos

Como ya se ha mencionado anteriormente, la medida de retorno de los envases y materiales derivados de las ventas a los clientes y distribuidores de los productos de EMPRESA es inviable, por un lado, porque se encuentran muy repartidos por toda España. Ya hemos visto que para la agrupación de envíos por provincias se ha detectado problemas y no era posible agrupar los pedidos que se encuentran en una misma provincia por fecha, por lo que resulta evidente que para la recogida de los envases todavía sería más difícil. Además, el producto va dirigido principalmente a obras y es adquirido por los instaladores, este hecho dificulta que una vez finalizada la instalación los envases del producto sean almacenados para una posterior recogida, por lo que se puede esperar que, en algunos casos, los envases sean desechados.

Ecoembes para la gestión de los envases domésticos establece unas tarifas por kg según el tipo de residuo generado a las empresas comercializadoras del producto. Actualmente ya ha publicado

las nuevas tarifas que serán cobradas por los materiales de envases domésticos ligeros para el año 2024, pero no ha ofrecido datos ni información sobre las tarifas de los envases comerciales, no obstante, se espera que las tarifas en el caso de los envases comerciales sean superiores al caso de los envases domésticos, dadas las dimensiones del producto.

A continuación, realizamos los cálculos que resultarían de aplicar la tarifa doméstica de 2024 (Tabla 42) a los materiales derivados de la actividad de EMPRESA, calculados en la Tabla 34, aunque ya sabemos que el precio su gestión será superior al tratarse de envases comerciales.

Tabla 42. Tarifa envases domésticos

Material	Coste/kg		
	2022	2023	2024
Madera y corcho	0,011	0,007	0,007
Aluminio	0,096	0,034	0,048
HDPE	0,367	0,272	0,454

Fuente: Ecoembes 2023

Tabla 43. Cuota por la gestión de los materiales de Ecoembes (tarifa 2024 envases domésticos)

	2020	2021	2022
Madera	12,25 €	12,28 €	11,90 €
Aluminio	20,16 €	5,43 €	11,17 €
HDPE	1.463,48 €	1.339,46 €	1.343,58 €
Total	1.495,89 €	1.357,17 €	1.366,65 €

Fuente: Elaboración propia

Hasta ahora, para la gestión de los envases domésticos los consumidores finales son también los responsables de depositar los envases en el contenedor correspondiente para su reciclaje, ya que en caso de que sean desechados, no se puede proceder la gestión de estos. Ecoembes no ha constituido todavía el sistema de gestión para los envases comerciales, por lo que se desconoce cómo se producirá su recogida en las empresas, de forma que, si depende de que los envases sean depositados en un contenedor de reciclaje, la gestión dependerá en gran medida de la concienciación del cliente.

EMPRESA a través de la adhesión a Ecoembes cumpliría con la RAP mediante del pago de la tarifa, ya que con la recaudación Ecoembes se encarga de la gestión la recogida, selección y tratamiento, para después vender el material a las empresas recicladoras, no obstante, todavía está por ver como se planteará la gestión en caso de los envases de las empresas.

7. CONCLUSIONES

Cuando hablamos de las causas del cambio climático, pensamos en las grandes corporaciones, como pueden ser empresas internacionales, no obstante, en España las pymes tienen un gran peso en la actividad económica del país, por lo que la reducción de las emisiones de GEI generadas por estas también son muy importante.

En el caso de EMPRESA, a lo largo de la memoria de este Trabajo Fin de Máster se demuestra como a pesar de ser una organización pequeña, puede implantar diferentes medidas que le permitan reducir la huella de carbono de las diferentes fases de su actividad. Analizando las fases y el margen de mejora de cada una de ellas, hemos visto como en la fase de aprovisionamiento logramos reducir en total 5,70 % los kg de CO₂ generados en la fase. Se apuesta por la agrupación de los pedidos, realizando un pedido anual por proveedor, de forma que al emplear vehículos de mayor dimensión para hacer los trayectos de las empresas a las plataformas logísticas (tramos 1 y 3), se reduce las emisiones de kg de CO₂e. No obstante, en el caso de algunos de los pedidos, ya se hacían agrupados por lo no se podía reducir mucho más.

En lo referido a la fase de producción, las emisiones generadas provienen del consumo energético en la fábrica, tanto de acondicionamiento, oficina como de los aparatos. En este caso no se plantea posibilidades de reducción de emisiones ya que el margen de mejora es muy limitado y las emisiones generadas son muy bajas.

En el caso de la fase de distribución, a pesar de ser el transporte contratado a una empresa logística, se plantean dos medidas para incrementar la eficiencia de los trayectos y reducir las emisiones a la hora de realizar los envíos de los pedidos de ventas. Las medidas propuestas son la agrupación de los pedidos por zonas, que a priori puede ser el más eficiente, dado que se espera que el trayecto lo realice de forma conjunta toda la mercancía. No obstante, dado las características de la empresa, del mercado, y que el transporte es contratado a una empresa externa, se ha demostrado que en el caso de una pequeña empresa no es la mejor opción. Se logra una reducción anual entre un 3,5% y un 5,8% de las emisiones generadas, pero se observa que gran parte de los pedidos de ventas no pueden ser agrupados, de forma que todavía existe margen de mejora en esta fase.

Por ello se plantea la agrupación por fechas, en las que se logra una disminución de los kg de CO₂e generados de un 11% anual aproximadamente, muy superior a la medida anterior ya que tan solo se producen 3 envíos a la plataforma logística mensualmente, lo que a pesar que una vez en la plataforma cada uno de los pedidos sigue su recorrido transportándose en vehículos con mercancía a un destino concreto, se logra una reducción de las emisiones del tramo 1 además de permitir una mejor planificación a los clientes.

En la fase de distribución es donde se puede lograr una mayor mejora, dado que partimos de la situación en la que no se agrupaba ningún pedido y se realizaban envíos todos los días, mientras que, en el caso del aprovisionamiento, existe un menor margen de mejora, ya que en parte se están realizando las compras a los proveedores de forma agrupada.

Por otro lado, en lo referido a la problemática de la gestión de los envases por los productos vendidos a los clientes, no se encuentra una solución clara, ya que la empresa no tiene la capacidad de implantar un sistema que le permita la recuperación de los envases puesto que le sería muy

costoso económicamente, al mismo tiempo que los clientes y distribuidores al encontrarse en obra, es difícil que puedan almacenarlo y devolverlo a EMPRESA. Por ello se plantea la opción de la adhesión a Ecoembes, no obstante, todavía no se conoce con exactitud la forma en la que va a funcionar el sistema de gestión que se implante, y si dependerá en gran medida también la concienciación ambiental de los clientes en el momento de la gestión del envase.

En definitiva, el estudio demuestra como cualquier empresa, independientemente de su tamaño, puede analizar el impacto ambiental generado en las fases de su actividad, de forma que le permita detectar donde se producen mayores emisiones de GEI, analizando diferentes medidas que se puedan implantar para lograr así una reducción de estas emisiones.

8. BIBLIOGRAFIA

AECOC (2017). *Guía técnica de cálculo de la huella de carbono del transporte de mercancías por carretera*. Recuperado el 5 de mayo de 2023, de <https://www.aecoc.es/guias/guia-tecnica-de-calculo-de-la-huella-de-carbono-del-transporte-de-mercancias-por-carretera/>

Comisión Europea (2019). Movilidad sostenible, Pacto Verde Europeo. Recuperado el 10 de junio de 2023, de https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF

Comisión Europea (2022). *Acelerar la transición a la neutralidad climática para la seguridad y prosperidad de Europa. Informe de situación de la Acción por el Clima de la UE de 2022*. Recuperado el 10 de septiembre de 2023, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0514>

Ecoembes. Recuperado el 10 de septiembre de 2023, de <https://www.ecoembes.com/es>

J.H. Mondragón-SuárezJ.H., A. Sandoval-Villalbazo, and F. Breña-Ramos (2019). *Calentamiento global: una secuencia didáctica*. Revista Mexicana de Física E65(2019) 52–5 Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de <https://rmf.smf.mx/ojs/index.php/rmf-e/article/view/467/6494>

LA COMISIÓN EUROPEA (2011) *REGLAMENTO (UE) No 678/2011 DE LA COMISIÓN de 14 de julio de 2011 que sustituye el anexo II y modifica los anexos IV, IX y XI de la Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos (Directiva marco)*. Diario Oficial de la Unión Europea L185/30. Recuperado el 20 de noviembre de 2023, de <https://www.boe.es/doue/2011/185/L00030-00056.pdf>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2022). *Real Decreto 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases*. «BOE» núm. 311, de 28 de diciembre de 2022 Referencia: BOE-A-2022-22690. Recuperado el 20 de septiembre de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-22690-consolidado.pdf>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (junio 2023). *Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. Recuperado el 10 de septiembre de 2023, de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (junio 2023). *Factores de emisión. Registro de Huella de Carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*. Recuperado el 20 de septiembre de 2023, de

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemision_tcm30-479095.pdf

Pacto Verde Europeo (2019). *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN EUROPEA AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES.* Europa.eu. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF