



Pacto de las Alcaldías  
para el Clima y la Energía  
EUROPA

zero  
EMISSIONS | 20  
ZARAGOZA | 30

# INVENTARIO DE EMISIONES

del  
Municipio de Zaragoza

AÑO 2024

Coordinación Municipal  
Oficina de Medio Ambiente,  
Acción Climática y Salud Pública.  
Ayuntamiento de Zaragoza

Elaboración Técnica  
Centro de Investigación de Recursos  
y Consumos Energéticos (Fundación CIRCE)

Año 2025

# ÍNDICE

<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>7</b>
<b>1. RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>8</b>
1.1 Tendencias de emisiones y absorciones .....	8
1.2 Tendencias de las emisiones por sector .....	10
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
2.1 OBJETIVOS.....	14
<b>3. ÁMBITO GEOGRÁFICO</b> .....	<b>15</b>
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>16</b>
<b>5. SECTORES DE EMISIÓN</b> .....	<b>18</b>
<b>6. EMISIONES SECTOR RESIDENCIAL</b> .....	<b>19</b>
6.1 Organismos participantes .....	19
6.2 Fuentes de emisión consideradas.....	19
6.3 Contaminantes y factores de emisión considerados .....	19
6.4 Resultados del inventario de emisiones 2024 .....	21
6.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores.....	24
<b>7. EMISIONES SECTOR TRANSPORTE</b> .....	<b>26</b>
7.1 Organismos participantes .....	26
7.2 Fuentes de emisión consideradas.....	26
7.3 Contaminantes y factores de emisión considerados .....	27
7.4 Resultados del inventario de emisiones 2024 .....	34
7.4.1 Transporte público.....	34
7.4.2 Flota Municipal .....	37
7.4.3 Transporte privado .....	38
7.4.4 Subsector transporte aéreo.....	44
7.4.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores .....	45
<b>8. EMISIONES SECTOR MUNICIPAL Y SERVICIOS</b> .....	<b>50</b>
8.1 Organismos participantes .....	50
8.2 Fuentes de emisión consideradas.....	50
8.3 Contaminantes y factores de emisión considerados .....	51
8.4 Resultados del inventario de emisiones 2024 .....	52
8.4.1 Subsector Servicios .....	52
8.4.2 Subsector Municipal .....	55
8.4.3 Emisiones totales y comparativa con años anteriores .....	58
<b>9. EMISIONES SECTOR INDUSTRIAL</b> .....	<b>62</b>
9.1 Organismos participantes .....	62
9.2 Fuentes de emisión consideradas.....	62
9.3 Contaminantes y factores de emisión considerados .....	62
9.4 Resultados del inventario de emisiones 2024 .....	63
9.4.1 Emisiones totales y comparativa con años anteriores .....	66
<b>10. EMISIONES IPPU Y GASES FLUORADOS</b> .....	<b>68</b>
10.1 Organismos participantes .....	68
10.2 Fuentes de emisión consideradas.....	68
10.3 Contaminantes y factores de emisión considerados .....	68
10.4 Resultados del inventario de emisiones 2024 .....	70
10.4.1 Emisiones totales y comparativa con años anteriores .....	71

<b>11. EMISIONES SECTOR RESIDUOS .....</b>	<b>74</b>
11.1 Organismos participantes .....	74
11.2 Fuentes de emisión consideradas.....	74
11.3 Contaminantes y factores de emisión considerados .....	75
11.3.1 Resultados del inventario de emisiones 2024 .....	77
11.3.2 Emisiones totales y comparativa con años anteriores .....	80
<b>12. EMISIONES SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO .....</b>	<b>82</b>
12.1 Organismos participantes .....	82
12.2 Fuentes de emisión consideradas.....	82
12.3 Contaminantes y factores de emisión considerados .....	82
12.4 Resultados del inventario de emisiones 2024 .....	85
12.4.1 Aplicación de abono inorgánico en seco y en regadío.....	85
12.4.2 Fermentación entérica.....	85
12.4.3 Gestión del estiércol .....	86
12.4.4 Emisiones totales y comparativa con años anteriores .....	87
<b>13. ABSORCIONES LULUCF .....</b>	<b>89</b>
13.1 Organismos participantes .....	89
13.2 Fuentes de absorción consideradas.....	89
13.3 Contaminantes y factores de absorción considerados .....	89
13.4 Resultados del inventario de emisiones 2024 .....	91
13.4.1 Absorciones totales y comparativa con años anteriores .....	93
<b>14. AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>95</b>
<b>15. REFERENCIAS.....</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tendencia de emisiones brutas de gases de efecto invernadero (2005-2024). Dato en t CO <sub>2</sub> equivalente.....	8
Tabla 2. Emisiones netas de gases de efecto invernadero. Año 2024. ....	9
Tabla 3. Total de emisiones de GEI Zaragoza por sector. Tendencias desde 2005.....	9
Tabla 4. Resumen de consumos del municipio de Zaragoza. Año 2024. ....	12
Tabla 5. Factores de emisión para GEI del mix nacional de energía, Red Eléctrica Española.....	17
Tabla 6. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residencial. ....	20
Tabla 7. Población de Zaragoza ciudad y barrios rurales. ....	21
Tabla 8. Consumos directos totales del sector residencial. Año 2024.....	21
Tabla 9. Consumos indirectos del sector residencial por distrito y código postal. Año 2024.....	22
Tabla 10. Indicadores de consumo por habitante. Sector residencial. Año 2024.....	23
Tabla 11. Emisiones directas sector residencial. Año 2024. ....	23
Tabla 12. Emisiones indirectas sector residencial. Año 2024. ....	24
Tabla 13. Indicadores de emisiones por habitante. Año 2024.....	24
Tabla 14. Tendencias de emisiones y consumos en el sector residencial. Años 2005-2024. ....	24
Tabla 15. Información solicitada para calcular las emisiones del sector transporte. ....	27
Tabla 16. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte público.....	28
Tabla 17. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte privado (turismos). ....	29
Tabla 18. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte privado (resto vehículos no turismos).....	31
Tabla 19. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector de flota municipal. ....	33
Tabla 20. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte aéreo. ....	34
Tabla 21. Consumos del subsector transporte público. Año 2024.....	35
Tabla 22. Emisiones directas subsector transporte público. Año 2024. ....	36
Tabla 23. Consumos del subsector flota municipal. Año 2024. ....	37
Tabla 24. Emisiones directas subsector flota municipal. Año 2024. ....	38
Tabla 25. Distribución de la flota de vehículos privados y comerciales de Zaragoza. Año 2024. ....	39
Tabla 26. Consumos del subsector transporte privado. Año 2024. ....	42
Tabla 27. Emisiones directas subsector transporte privado. Año 2024.....	43
Tabla 28. Emisiones indirectas del subsector transporte privado. Año 2024.....	43
Tabla 29. Emisiones directas del subsector tráfico aéreo. Año 2024. ....	45
Tabla 30. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector del transporte público. Año 2005-2024.....	46
Tabla 31. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector de flota municipal. Año 2005-2024. ....	46
Tabla 32. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector del transporte privado. Año 2005 - 2024.....	47
Tabla 33. Movimientos de aeronaves en transporte aéreo de Zaragoza. Año 2024. ....	47
Tabla 34. Tendencias de emisiones y consumos en el sector transporte. Año 2005-2024. ....	48

Tabla 35. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector municipal y servicios. ....	51
Tabla 36. Consumos del subsector servicios. Año 2024.....	53
Tabla 37. Emisiones directas subsector Servicios. Año 2024. ....	54
Tabla 38. Emisiones indirectas subsector Servicios. Año 2024. ....	54
Tabla 39. Consumos del subsector Municipal. Año 2024. ....	56
Tabla 40. Emisiones directas subsector Municipal. Año 2024. ....	57
Tabla 41. Emisiones indirectas subsector Municipal. Año 2024. ....	58
Tabla 42. Consumos del sector Municipal y Servicios. Año 2024. ....	58
Tabla 43. Emisiones directas sector Municipal y Servicios. Año 2024. ....	59
Tabla 44. Emisiones indirectas sector Municipal y Servicios. Año 2024. ....	60
Tabla 45. Tendencias de emisiones y consumos en el sector Municipal y Servicios. Años 2005-2024. ....	60
Tabla 46. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector industrial. ....	63
Tabla 47. Consumos del sector industrial. Año 2024.....	64
Tabla 48. Emisiones directas sector industrial. Año 2024.....	65
Tabla 49. Emisiones indirectas industriales, año 2024.....	66
Tabla 50. Tendencias de emisiones y consumos en el sector industrial. Años 2005-2024.....	66
Tabla 51. PCA de gases refrigerantes. ....	69
Tabla 52. Emisiones directas sector IPPU y gases fluorados. Año 2024. ....	71
Tabla 53. Tendencias de emisiones y consumos en el sector IPPU y gases fluorados. Años 2019-2024.....	72
Tabla 54. Información solicitada para calcular las emisiones del sector residuos.....	75
Tabla 55. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residuos (combustibles fósiles). ....	76
Tabla 56. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residuos (no combustibles fósiles). ....	77
Tabla 57. Consumos del sector residuos. Año 2024.....	78
Tabla 58. Emisiones directas sector residuos. Año 2024. ....	79
Tabla 59. Emisiones indirectas sector residuos. Año 2024. ....	80
Tabla 60. Tendencias de emisiones y consumos en el sector residuos. Años 2005-2024. ....	80
Tabla 61. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector agricultura. ....	83
Tabla 62. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector ganadero (fermentación entérica). ....	84
Tabla 63. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector ganadero (gestión de estiércoles). ....	84
Tabla 64. Emisiones directas subsector agricultura. Año 2024.....	85
Tabla 65. Información de explotaciones ganaderas. Año 2024. ....	86
Tabla 66. Emisiones directas subsector ganadero (fermentación entérica). Año 2024. ....	86
Tabla 67. Emisiones directas subsector ganadero (gestión de estiércol). Año 2024.....	86
Tabla 68. Emisiones directas sector agricultura y ganadería. Año 2024.....	87
Tabla 69. Tendencias de emisiones en el sector Agricultura y Ganadería. Año 2015-2024. ....	87
Tabla 70. Absorciones de arbolado urbano y de reforestación. Año 2024.....	92
Tabla 71. Tendencias de absorciones y unidades de arbolado. Años 2019-2024.....	93



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de evolución del agregado de emisiones brutas (año base 2005). .....	8
Figura 2. Distribución de emisiones brutas de GEI en 2024 por sectores.....	10
Figura 3. Variación de cada sector respecto al año base (2005).....	12
Figura 4. Término municipal de Zaragoza. ....	15
Figura 5. Tendencia de emisiones y consumos del sector residencial. Años 2005-2024.....	25
Figura 6. Estaciones de aforo (arriba) y red incompleta (abajo). Zaragoza. ....	40
Figura 7. Red completa de calles principales. ....	41
Figura 8. Tendencia de emisiones y consumos del sector transporte. Años 2005-2023.....	49
Figura 9. Tendencia de emisiones y consumos del sector Municipal y Servicios. Años 2005-2024.....	61
Figura 10. Tendencia de emisiones y consumos del sector industrial. Años 2005-2024.....	67
Figura 11. Tendencia de emisiones y consumos del sector IPPU. Años 2005-2024. ....	72
Figura 12. Tendencia de emisiones y consumos del sector residuos. Años 2005-2024. ....	81
Figura 13. Tendencia de emisiones del sector agricultura y ganadería. Años 2015-2024.....	88
Figura 14. Especies mayoritarias de arbolado urbano en Zaragoza. Año 2024. ....	91
Figura 15. Captura de CO <sub>2</sub> de las especies de arbolado mayoritarias. Año 2024. ....	92

## ACRÓNIMOS

<b>PPA/AAP</b>	Población Promedio Anual [Average Annual Population]
<b>BEV</b>	Vehículo Eléctrico de Batería [Battery Electric Vehicle]
<b>C</b>	Confidencial
<b>CTAZ</b>	Consortio de Transporte del Área de Zaragoza
<b>CTRUZ</b>	Complejo para el Tratamiento de Residuos Urbanos de Zaragoza
<b>ECE</b>	Comisión Económica Europea [Economic Commission for Europe]
<b>EMEP/EEA</b>	Agencia Europea de Medio Ambiente [European Environmental Agency]
<b>FE</b>	Factor de Emisión
<b>GdO</b>	Garantía de Origen Renovable
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>GLP</b>	Gas Licuado del Petróleo
<b>GNC</b>	Gas Natural Comprimido
<b>GWP</b>	Potencial de Calentamiento Global [Global Warming Potential]
<b>ICAO</b>	International Civil Aeronautical Organization [Organización Internacional de Aeronáutica Civil]
<b>IE</b>	Incluido en otra parte [Included Elsewhere]
<b>IMD</b>	Intensidad Media Diaria
<b>IPCC</b>	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Intergovernmental Panel on Climate Change]
<b>IPPC</b>	Prevención y Control Integrados de la Contaminación [Integrated Pollution Prevention and Control]
<b>IPPU</b>	Procesos industriales y uso de los productos [Industrial Processes and Product Uses]
<b>LTO</b>	Landing and Take Off [Aterrizajes y despegues]
<b>MITECO</b>	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
<b>NA</b>	No aplica [Not Applicable]
<b>NE</b>	No estimado / calculado [Not Estimated]
<b>NO</b>	No se produce [Not Occurring]
<b>PCA</b>	Potencial de Calentamiento Atmosférico
<b>PHEV</b>	Vehículo Híbrido Enchufable [Plug-in Hybrid Electric Vehicle]
<b>PMUS</b>	Plan de Movilidad Urbana Sostenible
<b>PRECOZ</b>	Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza
<b>REE</b>	Red Eléctrica Española
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>TEP</b>	Tonelada Equivalente de Petróleo

# 1. RESUMEN EJECUTIVO

## 1.1 Tendencias de emisiones y absorciones

Las emisiones brutas de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel municipal se estiman para el año 2024 en 1.929.110,33 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, lo que representa una reducción del 4,51% respecto al inventario anterior (2023) y una disminución acumulada del 26,46% en comparación con el año base 2005).

Las emisiones brutas tienen en cuenta todos los sectores incluidos en los inventarios anteriores (residencial, transporte, municipal y servicios, industrial, IPPU y gases fluorados, residuos, agrícola y ganadero), pero no tiene en cuenta la compensación de emisiones derivada de las absorciones del arbolado urbano y periurbano.

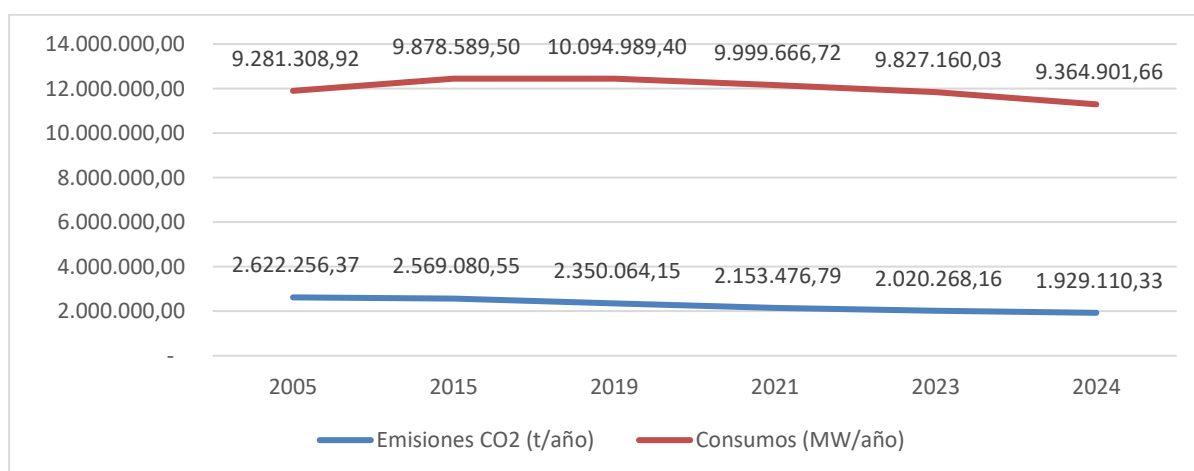


Figura 1. Índice de evolución del agregado de emisiones brutas (año base 2005).

Tabla 1. Tendencia de emisiones brutas de gases de efecto invernadero (2005-2024). Dato en t CO<sub>2</sub> equivalente.

EMISIONES BRUTAS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO						
CONTAMINANTE	2005	2015	2019	2021	2023	2024
<b>CO<sub>2</sub> eq (t/año)</b>	2.622.256,37	2.569.080,55	2.350.064,15	2.153.476,79	2.020.268,16	1.929.110,33
<b>Variación % vs. 2005</b>	0%	-2%	-10%	-18%	-23%	-26%

El descenso de las emisiones brutas observado en 2024 se explica principalmente por la reducción sostenida en sectores como el industrial, municipal y de servicios, y residuos, que mantienen una tendencia descendente desde 2015 y por la reducción experimentada en el sector del transporte privado.

La contribución de las absorciones del arbolado urbano y forestal continúa siendo un factor clave en el balance total, reforzando el papel de los sumideros naturales en la mitigación de emisiones. Por su parte, algunos sectores, como el agrícola y ganadero, registran ligeros incrementos respecto al inventario anterior. Sin embargo, estos aumentos son poco significativos frente al descenso generalizado en el resto, consolidando una reducción global de las emisiones brutas del 26% en comparación con 2005.

Tabla 2. Emisiones netas de gases de efecto invernadero. Año 2024.

EMISIONES NETAS			
CONTAMINANTE	Emisiones brutas	Absorciones arbolado	Emisiones netas
<b>CO<sub>2</sub> eq (t/año)</b>	1.929.110,33	- 242.462,40	1.686.647,93

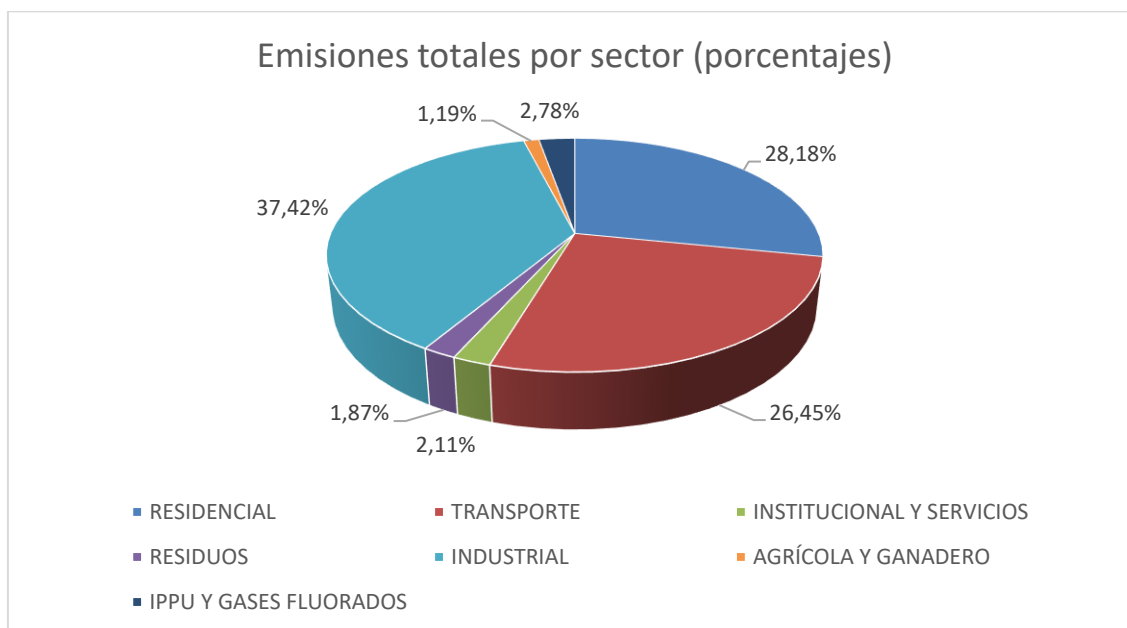
Teniendo en cuenta el total de emisiones brutas (1.940.856,76 t CO<sub>2</sub>) y restando las absorciones del arbolado urbano y periurbano (-242.462,40 t CO<sub>2</sub>), se obtiene una reducción del 12,73%, resultando en unas emisiones netas de 1.698.394,36 t CO<sub>2</sub>.

Tabla 3. Total de emisiones de GEI Zaragoza por sector. Tendencias desde 2005.

Emisiones totales de CO <sub>2</sub> (t/año)		2005	2015	2019	2021	2023	2024
<b>RESIDENCIAL</b>		843.145,00	645.341,21	666.921,53	613.154,07	528.016,07	543.531,42
<b>TRANSPORTE</b>	<b>Privado</b>	478.286,00	505.900,00	433.432,75	454.294,95	554.850,77	488.285,68
	<b>Aéreo</b>	26.755,00	12.354,00	12.237,84	8.623,11	8.775,21	9.841,76
	<b>Público</b>	22.090,00	18.805,00	18.711,11	12.687,78	10.773,22	10.746,43
	<b>Municipal</b>	1.579,00	1.324,00	1.038,21	1.035,78	989,19	1.359,39
	<b>Total</b>	528.710,00	538.383,00	465.419,91	476.641,62	575.388,40	510.233,27
<b>MUNICIPAL Y SERVICIOS</b>		208.415,37	152.165,89	75.439,93	81.793,62	69.411,52	40.772,41
<b>RESIDUOS</b>		92.455,00	86.000,45	99.676,36	108.928,92	38.511,16	36.106,73
<b>INDUSTRIAL</b>		949.531,00	1.138.093,00	937.820,62	840.049,64	741.907,43	721.847,72
<b>AGRÍCOLA Y GANADERO</b>		-	9.097,00	87.588,87	20.475,19	15.021,55	22.893,65
<b>IPPU Y GASES FLUORADOS</b>		-	-	17.196,92	12.433,73	52.012,04	53.725,14
<b>LULUCF</b>	<b>Arbolado Urbano</b>	-	-	-24.530,00	-29.736,00	-34.521,05	-30.769,00
	<b>Uso y Cambio de uso de la tierra</b>	-	-	-	-233.931,80	-243.302,38	-211.693,40

NOTA: Para los sectores de Agricultura y Ganadería, Arbolado urbano e IPPU no se dispone de datos de emisiones para el escenario base (año 2005).

La siguiente figura muestra la distribución porcentual de las emisiones totales por sector, destacando la contribución de cada uno a las emisiones globales. Los sectores con mayor impacto son **Industrial** (37,42%) y **Residencial** (28,18%), los cuales juntos representan más del 65% de las emisiones totales. El tercer sector con más peso es **Transporte** con un 26,45% de las emisiones. Otros sectores, como **Municipal y servicios** (2,11%) e **IPPU y gases fluorados** (2,78%), tienen una contribución menos significativa. Por último, se encuentran el sector **Residuos** (1,87%) y el **Agrícola y ganadero** (1,19%), que son los de menor incidencia en el total de emisiones.



*Figura 2. Distribución de emisiones brutas de GEI en 2024 por sectores.*

Cabe destacar que la naturaleza de este estudio es dinámica, razón por la cual cada año se incorporan en el inventario de emisiones de la ciudad los cálculos relativos al último inventario realizado, pero también actualizaciones de datos de inventarios anteriores. Esto último es debido principalmente a la introducción de nuevas actividades dentro del alcance del inventario de ese año, lo cual puede derivar en la necesidad de ajuste de los datos de años anteriores para el sector objeto del cambio, con el propósito de crear tendencias coherentes y que se basen lo máximo posible en la realidad de la ciudad.

## 1.2 Tendencias de las emisiones por sector

A continuación, se detallan las principales variaciones interanuales observadas por sectores:

- Residencial:** Desde 2005, las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente del sector residencial muestran una tendencia general de reducción, interrumpida solo por un leve aumento en 2019, asociado a un repunte del consumo energético doméstico. Tras una caída constante entre 2021 y 2023, en 2024 se registra un ligero incremento del 3%, posiblemente vinculado a la climatología o a una mayor demanda energética. Aun así, las emisiones acumuladas se han reducido en torno a un 36% respecto al año base, evidenciando los efectos de la rehabilitación energética, la mejora de la eficiencia en edificios y el uso creciente de energías renovables.
- Transporte:** El sector transporte ha mostrado fluctuaciones significativas en el periodo analizado. Tras una reducción notable en 2019 (-12% respecto a 2005), las emisiones aumentaron con fuerza en 2023 debido al crecimiento del parque de vehículos privados. En 2024 se observa un descenso del 11%, que podría asociarse a una mejora en la eficiencia del parque móvil y a cambios en los patrones de movilidad urbana. En conjunto, el transporte mantiene un peso relevante dentro del total de emisiones municipales, aunque con una tendencia moderadamente descendente a largo plazo.

- **Municipal y Servicios:** Este sector mantiene una tendencia descendente sostenida desde 2005, con una reducción del 80,44% respecto al año base. Las emisiones disminuyeron de forma notable entre 2015 y 2019, estabilizándose posteriormente. En 2024, el descenso se acentúa un 41,26% respecto a 2023, lo que confirma la consolidación de medidas de eficiencia energética, renovación de equipamientos y optimización del consumo eléctrico en edificios públicos y de servicios.
- **Industrial:** Tras un aumento puntual en 2015, las emisiones industriales muestran una reducción sostenida desde 2019, pasando de 937.820 t/año a 721.848 t/año en 2024. Este comportamiento refleja la adopción progresiva de tecnologías más eficientes y menos intensivas en carbono, junto con la modernización de procesos y el uso creciente de energías limpias. La disminución acumulada desde 2005 alcanza el 24%, consolidando al sector como uno de los principales contribuyentes a la mejora global del balance de emisiones.
- **IPPU y gases fluorados:** Las emisiones de este sector presentan una alta variabilidad, estrechamente vinculada al número y tipo de industrias que reportan información. Tras una reducción en 2021, el periodo 2023–2024 refleja valores elevados y relativamente estables, con un aumento marginal del 3,3% en el último año. Aunque su peso en el total de emisiones es limitado, el comportamiento del sector evidencia la necesidad de fortalecer el control sobre el uso de gases refrigerantes y sustituirlos por alternativas de menor potencial de calentamiento global.
- **Residuos:** Las emisiones del sector residuos presentan fluctuaciones a lo largo de la serie, con picos en 2019 y 2021 asociados a cambios en los métodos de tratamiento. Desde entonces, se registra una disminución progresiva, alcanzando en 2024 una reducción del 6% respecto a 2023 y del 61% respecto a 2005. Esta mejora responde principalmente a la optimización de la gestión de residuos y al aprovechamiento energético de los subproductos del tratamiento.
- **Agricultura y Ganadería:** Este sector ha mostrado fluctuaciones marcadas a lo largo del periodo. En 2019 se produjo un incremento relevante respecto a 2015, seguido de una fuerte reducción en 2021. En 2024 se observa un aumento del 52% respecto a 2023, probablemente asociado a un repunte de la actividad ganadera o a mejoras en el reporte de datos. A pesar de ello, su contribución global al inventario sigue siendo reducida.
- **Arbolado:** Las absorciones de CO<sub>2</sub> del arbolado urbano y forestal se mantienen estables en 2024, compensando cerca de 242.462 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, un valor algo inferior al del año anterior como consecuencia de la incorporación de los cálculos correspondientes al uso y cambio del uso del suelo, en sustitución de la estimación realizada en el último inventario para el arbolado forestal. Aunque el arbolado urbano experimenta una ligera disminución en el número de ejemplares, las áreas reforestadas continúan aportando cerca del 89% del total de absorciones, consolidándose como el principal sumidero natural del municipio y un elemento clave para la neutralización parcial de las emisiones.

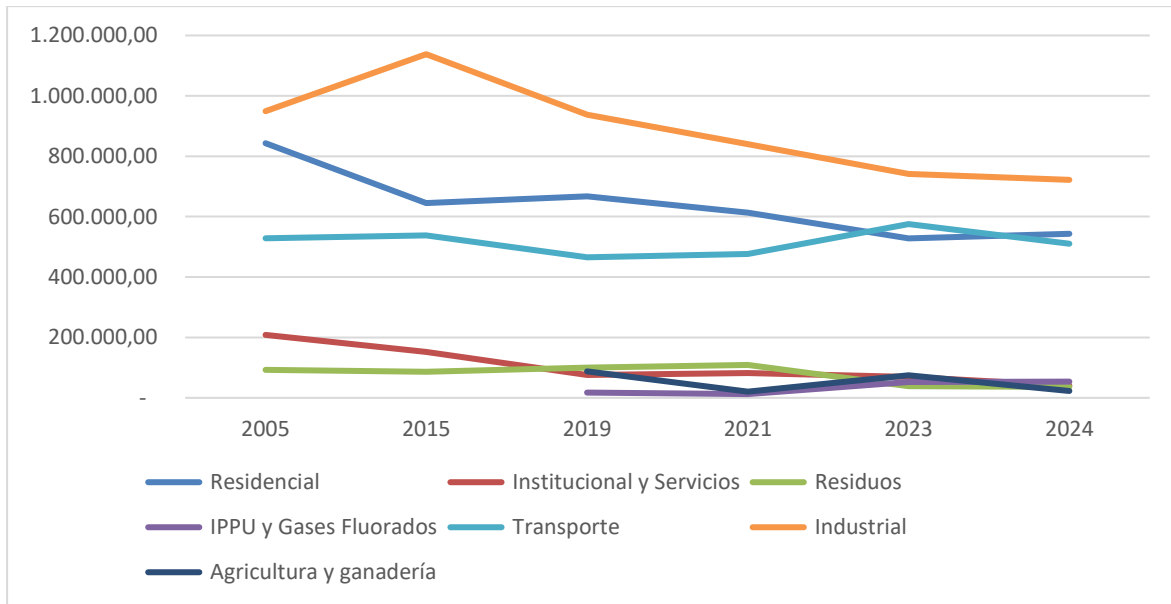


Figura 3. Variación de cada sector respecto al año base (2005).

Respecto a los consumos energéticos que han ocasionado las emisiones citadas, se muestra a continuación un resumen de los consumos del municipio de Zaragoza, desglosados por cada tipo de fuente energéticas.

Tabla 4. Resumen de consumos del municipio de Zaragoza. Año 2024.

CONSUMOS TOTALES ZARAGOZA (MWh/año)						
Consumos directos					Consumos indirectos	
Ámbito	Gas natural	Gasóleo	Otros gases combustibles	Biomasa	Consumo eléctrico de red (mix nacional)	Consumo eléctrico origen renovable
<b>Zaragoza</b>	4.779.994,33	977.758,58	1.387.310,81	28.903,58	1.798.517,32	392.417,03
<b>Total</b>	<b>9.364.901,66</b>					

## 2. INTRODUCCIÓN

El 9 de marzo de 2007 la Unión Europea adoptó un conjunto de medidas denominadas “La Energía para un mundo en cambiante” mediante las cuales se comprometía a reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> en un 20% para el año 2020 tomando como referencia los niveles del año 1990. En 2008, se puso en marcha la iniciativa Pacto de Alcaldías (CoM por sus siglas en inglés) liderada por el Comisario Europeo de la Energía.

Para el cumplimiento de dicho objetivo, las administraciones locales juegan un papel decisivo. Por ello, el “Plan de Acción de la Unión Europea para la Eficiencia Energética: comprender el potencial” establece como prioridad crear un compromiso en el cual los gobiernos locales puedan trabajar para ayudar a cumplir este objetivo. Este compromiso ha sido denominado “Pacto de Alcaldías” y mediante el mismo, los gobiernos locales pueden trabajar para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en sus territorios.

El papel de los municipios en este sentido es fundamental, ya que la Ley Reguladora de Bases de Régimen Local establece que los municipios tengan competencias para realizar las actividades complementarias a las propias de otras administraciones en lo relativo al interés general del mismo, incluyendo la protección al medio ambiente.

En 2014, como preparación a la 21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Consejo Europeo acordó el marco de actuación de la UE en materia de clima y energía hasta 2030. Teniendo en cuenta dicho horizonte temporal, estableció un objetivo de reducir al menos el 40% las emisiones de GEI respecto a los niveles de 1990, además de nuevos objetivos en la cuota de renovables en el consumo de energía final, la mejora de la eficiencia energética y el Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea (RCDE UE). Posteriormente, la Comisión Europea publicó una serie de paquetes de medidas para acelerar la transición hacia una economía baja en carbono, dar cumplimiento al Acuerdo de París y avanzar hacia la consecución de la Unión de la Energía en sus cinco dimensiones: descarbonización, eficiencia energética, seguridad energética, mercado interior e Innovación.

No obstante, con el objetivo de convertir el urgente reto ambiental y de cambio climático en una oportunidad única para Europa, la Unión Europea se comprometió a finales de 2019 a lograr la neutralidad climática para 2050 con la adopción del Pacto Verde Europeo. El objetivo climático de referencia en cuanto a emisiones es el 40% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (con respecto a 1990). La UE propuso aumentar este valor a 50% como mínimo, y hacia el 55 % de manera responsable dentro del Pacto Verde Europeo.

Como firmante del Pacto de Alcaldías, el Ayuntamiento de Zaragoza se comprometió a elaborar un Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenible (PACES), así como a trabajar en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, aumentar la eficiencia energética, el uso de energías renovables, realizar un Inventario de Emisiones de Referencia, realizar una evaluación de riesgos y analizar las vulnerabilidades asociadas al cambio climático.

El Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza firmó el 20 de noviembre de 2018 su adhesión al Pacto de los Alcaldes sobre el Clima y la Energía, adquiriendo los compromisos de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> (y, previsiblemente, otras emisiones de gases de efecto invernadero) en su territorio en un 40 % como mínimo hasta el 2030, en particular a través de la mejora de la eficiencia energética y un mayor uso de fuentes de energía renovables, y aumentar su resiliencia mediante la adaptación a las repercusiones del cambio climático.

Asimismo, con fecha 26 de abril de 2019, el Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza aprobó la Estrategia de Cambio Climático, Calidad del Aire y Salud de Zaragoza (en adelante ECAZ 3.0), en la que se definen cuarenta acciones que permitirán alcanzar los objetivos determinados para el año 2030. Posteriormente, en diciembre de 2019, el Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza, mediante declaración institucional, se comprometió a aumentar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> hasta el 50-55% en 2030, lo que supone un aumento notable en la lucha contra el cambio climático.

En 2021, la Comisión Europea lanzó la misión "100 ciudades inteligentes y neutras desde el punto de vista climático para 2030" con el objetivo de apoyar la transformación de las ciudades para acelerar la aplicación del Acuerdo de París. El 28 de abril de 2022, Zaragoza fue seleccionada por la Comisión Europea como una de las '100 ciudades climáticamente neutras', un reconocimiento que le abre las puertas a nuevos fondos y vías de financiación europeas en condiciones favorables para conseguir el objetivo de neutralidad en 2030. En octubre de 2023, la Comisión Europea anunció las cinco primeras ciudades europeas en obtener la Etiqueta Misión, certificando la presentación de un Acuerdo Climático sólido y viable para alcanzar la neutralidad climática en 2030, siendo estas Madrid, Valencia, Valladolid, Vitoria-Gasteiz y Zaragoza.

## 2.1 OBJETIVOS

El Inventario de Emisiones de Zaragoza tiene por objetivo cuantificar de manera periódica las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y de contaminantes atmosféricos, para dar cumplimiento a las estrategias, planes y compromisos comentados en el apartado anterior. Específicamente, el Inventario de Emisiones de Zaragoza responde a dos alcances, como se explica a continuación:

1. En materia de mitigación al Cambio Climático, cumplir con los compromisos de cuantificación y seguimiento de las emisiones GEI respecto a lo requerido por el Pacto de las Alcaldías y la Misión de Ciudades Inteligentes y Climáticamente Neutras.
2. En materia de calidad del aire, cuantificar y monitorizar el nivel de emisión de contaminantes atmosféricos dentro de los requerimientos de información del Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza (PRECOZ).

### 3. ÁMBITO GEOGRÁFICO

El ámbito geográfico para la realización del estudio se circunscribe a todo el término municipal de Zaragoza, incluyendo todos sus distritos y barrios rurales. Por tanto, quedan dentro del alcance de este inventario los siguientes barrios: Actur-Rey Fernando, Casablanca, Casco Histórico, Delicias, Centro, Distrito Sur, El Rabal, La Almozara, Las Fuentes, Miralbueno, Oliver-Valdefierro, San José, Santa Isabel, Torrero-La Paz, Universidad y barrios rurales (La Cartuja Baja, Torrecilla de Valmadrid, Juslibol, El Zorongo, San Juan de Mozarrifar, Montañana, San Gregorio, Peñaflor, Movera, Garrapinillos, Venta del Olivar, Monzalbarba, Villarrapa, Alfocea y Casetas).

También se han considerado los polígonos industriales que rodean la ciudad (o están incluidos en la misma): Europa, Argualas, La Unión y Montemolín, Cogullada, Mercazaragoza, El Pilar, Malpica, Montañana, Las Ventas, PLA-ZA, Casetas, Empresarium, Prydes, Saica, San Valero, Cartuja Baja, Lopez Soriano, Valdefierro, Ruiseñores y Zaragoza Ciudad.

Para el sector agrícola se ha considerado toda la superficie de cultivos registrada por la Política Agraria Común del año 2024 en el municipio de Zaragoza. En el sector ganadero se han tenido en cuenta todas las explotaciones que se encuentran activas según censo ganadero del municipio.

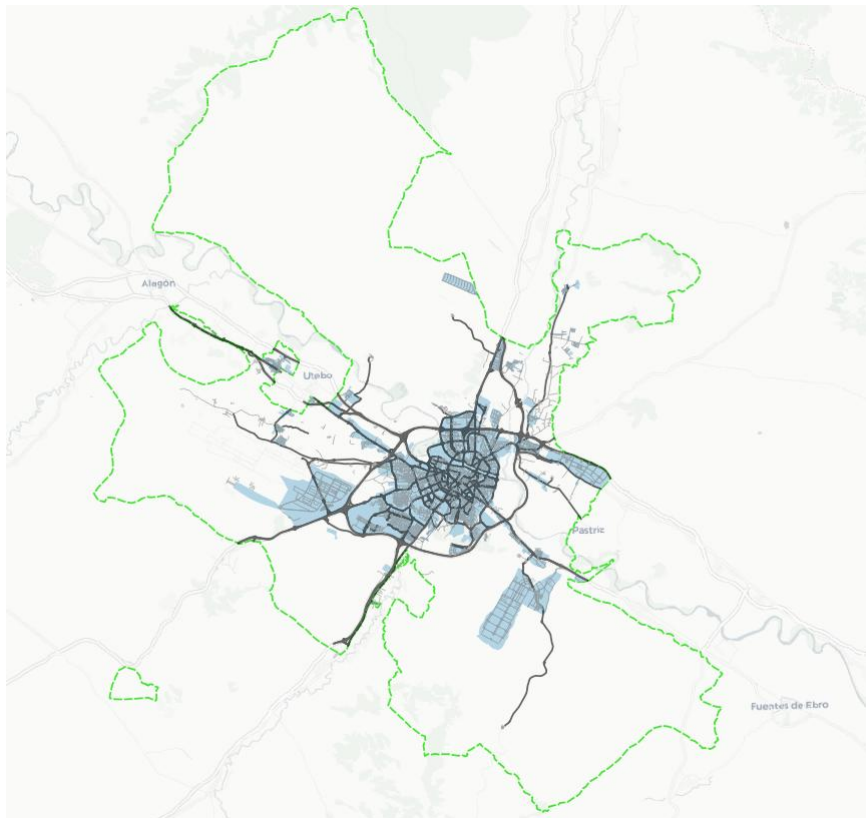


Figura 4. Término municipal de Zaragoza.

## 4. METODOLOGÍA

En esta sección se incluye una explicación de las consideraciones tomadas para el cálculo de las emisiones de contaminantes en los sectores incluidos en el alcance de este inventario: residencial, transporte, municipal y servicios, residuos, industria, IPPU, agrícola-ganadero y arbolado.

Dentro del alcance de este estudio se contemplan los siguientes gases:

<b>As</b>	Arsénico
<b>BC</b>	Black Carbon (aerosoles carbonosos)
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	Benceno
<b>Cd</b>	Cadmio
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CO</b>	Monóxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>Cr</b>	Cromo
<b>Cu</b>	Cobre
<b>Dioxinas</b>	PCDD/F. Dibenzodioxinas policloradas y Dibenzofuranos policlorados (dioxinas y furanos)
<b>HCB</b>	Hexaclorobenceno
<b>Hg</b>	Mercurio
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido nitroso
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amoníaco
<b>Ni</b>	Níquel
<b>COV</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles
<b>COVNM</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dióxido de nitrógeno
<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxidos de nitrógeno
<b>PAH</b>	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (Benzo(a)pireno, Benzo[b]furano, Benzo[k]fluoranteno), indeno y pireno
<b>Pb</b>	Plomo
<b>PCB</b>	Bifenilos Policlorados
<b>POP</b>	Persistent Organic Pollutants (Contaminantes orgánicos persistentes)
<b>PM10</b>	Material Particulado con tamaño inferior a 10 micras
<b>PM2,5</b>	Material Particulado con tamaño inferior a 2,5 micras
<b>Se</b>	Selenio
<b>SO<sub>x</sub></b>	Óxidos de azufre, preferentemente SO <sub>2</sub> (Dióxido de azufre)
<b>TSP</b>	Total Partículas Suspendidas
<b>Zn</b>	Zinc

Para cada uno de los sectores estudiados, se calculan las emisiones directas (alcance 1) e indirectas (alcance 2), tal y como se describe a continuación:

- Emisiones directas: las correspondientes a los consumos de sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria. Se obtienen multiplicando los consumos por los factores de emisión de los combustibles utilizados.
- Emisiones indirectas: las correspondientes a los consumos de electricidad. Se obtienen multiplicando los consumos por los factores de emisión de los combustibles utilizados para la generación de la electricidad.

Por tanto, la metodología de cálculo de las emisiones de todos los sectores está basada en la aplicación de factores de emisión para diferentes unidades funcionales, y que varían en función de aspectos como el tipo de combustible y tecnología, por ejemplo: la cantidad de gas natural utilizado por los sistemas de combustión, el consumo de energía eléctrica, la población de cada especie de ganado, la superficie de cultivos de regadío, la cantidad de materia orgánica depositada en vertedero o la biomasa forestal tanto aérea como radical. Las unidades funcionales empleadas son datos medibles y con trazabilidad.

Adicionalmente, en cada sector se ha incluido una comparativa de los resultados del año 2023 con los valores registrados en los anteriores inventarios realizados (2015, 2019 y 2021) y, cuando ha sido posible, con el año 2005, que si bien se considera el año de referencia por ser el primero en reportar datos de emisiones, su alcance es menor y en algunos sectores y gases no es posible la comparativa con dicho año.

Para la selección de los factores de emisión empleados para el cálculo de emisiones directas, se han seguido las recomendaciones de la metodología EMEP/EEA (European Environmental Agency) – *air pollutant emission inventory guidebook* – 2023 [1] y de la guía IPCC (Intergubernamental Panel Climate Change) *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* 2019 [2].

Para el cálculo de los factores de emisión derivados de la energía eléctrica (emisiones indirectas) consumida de la red general de distribución, se han utilizado los factores de emisión asociados a las tecnologías de generación de energía del mix eléctrico español correspondiente al año de estudio (2024), reportado por Red Eléctrica Española (REE) “REData. Publicación oficial y actualizada de la estructura de generación y del factor de emisión anual, en CO<sub>2</sub>eq”[3]. A continuación, se presentan los valores de referencia para los últimos inventarios.

Tabla 5. Factores de emisión para GEI del mix nacional de energía, Red Eléctrica Española.

FACTOR EMISIÓN MIX ENERGÉTICO NACIONAL				
CONTAMINANTE [UNIDAD]	2019	2021	2023	2024
CO <sub>2</sub> eq [t CO <sub>2</sub> eq/ MWh]	0,19	0,14	0,12	0,10
CH <sub>4</sub> [t/ MWh]	IE	IE	IE	IE
N <sub>2</sub> O [t/ MWh]	IE	IE	IE	IE

Debido a que REE reporta datos en CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq), los gases de efecto invernadero CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O quedan englobados dentro de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, y por tanto se reportan conjuntamente.

Cabe mencionar que, en el caso de disponer de Certificados de Garantía de Origen Renovable de la electricidad consumida (GdO), las emisiones se contabilizan como cero para todos los gases contaminantes y de efecto invernadero.

## 5. SECTORES DE EMISIÓN

Dentro del alcance del Inventario de Emisiones de Zaragoza se incluyen diferentes sectores de emisión, que se categorizan siguiendo los estándares metodológicos comentados en el capítulo 4 METODOLOGÍA.

Para la recolección de la información necesaria para el desarrollo del inventario, diversas entidades y organizaciones, tanto públicas como privadas, han participado compartiendo datos, cuyo conjunto final se representa en cada uno de los sectores de emisión. A continuación, se comentan brevemente los sectores de emisión incluidos:

- Sector residencial: energía estacionaria correspondiente a los edificios residenciales.
- Sector transporte: incluye las actividades de transporte por carretera (transporte privado, transporte público y flota municipal) y transporte aéreo.
- Sector municipal y servicios: energía estacionaria correspondiente a los edificios municipales y del sector terciario.
- Sector residuos: energía estacionaria de edificios y otras emisiones sin consumo energético asociado, como cremaciones, tratamiento de aguas residuales y lodos, y gestión de vertederos.
- Sector industrial: Energía estacionaria correspondiente a los edificios industriales.
- Sector agrícola y ganadero: Incluye las emisiones sin consumo energético asociado, como la aplicación de abono inorgánico, la fermentación entérica y la gestión del estiércol.
- Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU): incluye las emisiones procedentes de los propios procesos industriales y del uso de productos, así como las emisiones derivadas de fugas de gases refrigerantes a la atmósfera.
- LULUCF: absorción conseguida por la masa arbórea urbana y el uso o cambio de uso de las superficies dentro del término municipal.

Para cada uno de estos sectores, existe dentro de este informe un capítulo diferenciado, si bien todos los capítulos tienen la misma estructura de reporte:

- Organismos participantes
- Fuentes de emisión consideradas
- Contaminantes y factores de emisión considerados
- Resultados del inventario de emisiones
  - Emisiones directas e indirectas 2024 del sector
  - Emisiones totales y comparativa con años anteriores

## 6. EMISIONES SECTOR RESIDENCIAL

### 6.1 Organismos participantes

Sector Residencial:

- Cátedra de transición energética municipal (Universidad de Zaragoza)

### 6.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos de este sector han sido las siguientes:

- **Residencial:** emisiones derivadas de consumos de combustibles asociados a los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria (emisiones directas de focos de calderas), así como consumos de electricidad en las viviendas (emisiones indirectas).

### 6.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

#### Emisiones directas

Para la identificación de los factores de emisión aplicables a los consumos directos (calefacción y agua caliente sanitaria) de las diferentes instalaciones, se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook. También se armoniza esta consulta con el Inventario Nacional de Emisiones. Concretamente se hace referencia a:

- **Fuente y tecnología: Gas Natural.** EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023. 1.A.4 Small combustion. Table 3.16 Tier 2 emission factors for source category 1.A.4.b.i, boilers burning natural gas. Residential plants. NFR 1.A.4.b.i. Small (single household scale, capacity <=50 kWth) boilers.
- **Fuente y tecnología: Gasóleo.** EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023. 1.A.4 Small combustion. Table 3.18 Tier 2 emission factors for source category 1.A.4.b.i, boilers burning liquid fuels. Residential plants. NFR 1.A.4.b.i. Small (single household scale, capacity <=50 kWth) boilers.
- **Fuente y tecnología: Biomasa.** EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023; 1.A.4 Table 3.43 Tier 2 emission factors for source category 1.A.4.b.i, conventional boilers < 50 kW burning wood and similar wood waste. Residential plants. NFR 1.A.4.b.i. 020202. Residential plants, combustion plants < 50 MW (boilers).

Teniendo en cuenta las fuentes anteriores, se exponen a continuación los factores de emisión utilizados para este sector:

Tabla 6. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residencial.

FACTORES DE EMISIÓN SECTOR RESIDENCIAL			
Gas	Gas Natural	Gasóleo	Biomasa
CO <sub>2</sub> [g/GJ]	56.100,00	74.100,00	112.000,00
CH <sub>4</sub> [g/GJ]	5,00	10,00	300,00
N <sub>2</sub> O [g/GJ]	0,10	0,60	4,00
NO <sub>x</sub> [g/GJ]	42,00	69,00	80,00
CO [g/GJ]	22,00	3,70	4.000,00
SO <sub>x</sub> [g/GJ]	0,30	79,00	11,00
COV [g/GJ]	NA	NA	NA
COVNM [g/GJ]	1,80	0,17	350,00
NH <sub>3</sub> [g/GJ]	NE	NE	74,00
PM <sub>2,5</sub> [g/GJ]	0,20	1,50	470,00
PM <sub>10</sub> [g/GJ]	0,20	1,50	480,00
TSP [g/GJ]	0,20	1,50	500,00
BC [% de PM <sub>2,5</sub> ]	5,40	3,90	16,00
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [g/GJ]	NA	NA	NA
Pb [mg/GJ]	1,50E-03	0,01	27,00
Cd [mg/GJ]	2,50E-04	1,00E-03	13,00
Hg [mg/GJ]	0,10	0,12	0,56
As [mg/GJ]	0,12	2,00E-03	0,19
Cr [mg/GJ]	7,60E-04	0,20	23,00
Cu [mg/GJ]	7,60E-05	0,13	6,00
Ni [mg/GJ]	5,10E-04	5,00E-03	2,00
Se [mg/GJ]	0,01	2,00E-03	0,50
Zn [mg/GJ]	1,50E-03	0,42	512,00
Dioxinas [ng I-TEQ/GJ]	1,50	1,80	550,00
Benzo(a)pireno [µg/GJ]	0,56	80,00	121,00*
Benzo(b)furano [µg/GJ]	0,84	40,00	111,00*
Benzo(k)fluoranteno [µg/GJ]	0,84	70,00	42,00*
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [µg/GJ]	0,84	160,00	71,00*
PAH [g/GJ]	NA	NA	NA
HCB [µg/GJ]	NA	NA	2,00
PCBs [µg/GJ]	NA	NA	0,06
Total POPs	NA	NA	NA

(\*) Datos en mg/GJ

### Emisiones indirectas

Para el caso concreto de emisiones indirectas, se utiliza el factor de emisión CO<sub>2</sub> asociado al mix energético español del año 2024, y que aparece descrito en el 4.METODOLOGÍA de este informe (t CO<sub>2</sub>eq/ MWh).

Cabe destacar que algunos indicadores han sido referenciados al número de habitantes del municipio, utilizando únicamente los datos de población total censada en Zaragoza según el Instituto Nacional de Estadística (INE) [5]:

*Tabla 7. Población de Zaragoza ciudad y barrios rurales.*

POBLACIÓN MUNICIPAL						
	2005	2015	2019	2021	2023	2024
<b>Población (habitantes)</b>	647.373	702.426	716.040	675.301	682.513	686.986

Cabe mencionar que para los cálculos relativos a los indicadores globales de consumo y emisiones han sido reportados en base a la población total del INE.

## 6.4 Resultados del inventario de emisiones 2024

Para este sector se han calculado:

- **Las emisiones directas generadas por los sistemas de combustión.** Se calculan mediante la aplicación de los factores de emisión correspondientes para cada combustible consumido en las instalaciones (gas natural, gasóleo y biomasa). El carbón no ha sido considerado debido a su tendencia al desuso, por la prohibición de emplear esta fuente de energía para los sistemas de calefacción en la ciudad de Zaragoza. Estos factores son distintos a los factores de emisión para vehículos.
- **Las emisiones indirectas debidas a la energía eléctrica consumida.** Los consumos eléctricos del municipio de Zaragoza se han recopilado a través de la página web de la Catedra de Transición Energética Municipal, web dirigida por el Ayuntamiento de Zaragoza y Universidad de Zaragoza. Los consumos eléctricos del sector Residencial se encuentran desglosados por: Distrito y Código postal. No se encuentran recopilados los consumos asociados a energías renovables, ya que no llevan emisiones de gases asociadas.

Ya que, en base a la normativa vigente, las comercializadoras y suministradoras de energía y combustibles no pueden ceder a este estudio los datos personales de consumo de cada una de las viviendas del municipio. En el caso de los combustibles fósiles, se ha estimado los datos totales de consumo del sector residencial a nivel municipio.

Como se puede observar en la siguiente tabla, el gas natural se posiciona como la principal fuente de energía en el sector residencial dentro de los consumos directos, con un consumo significativamente mayor que el del gasóleo o la biomasa. En cuanto a los otros gases combustibles, no se ha registrado consumo en esta categoría.

*Tabla 8. Consumos directos totales del sector residencial. Año 2024.*

CONSUMO SECTOR RESIDENCIAL (MWh/año) - Consumos directos				
	Gasóleo	Gas natural	Otros gases combustibles	Biomasa
<b>2024</b>	303.562,37	1.795.135,40	-	24.349,55

Tabla 9. Consumos indirectos del sector residencial por distrito y código postal. Año 2024.

CONSUMO SECTOR RESIDENCIAL (MWh/año) - Consumos indirectos			
Distrito	Código postal	Consumo eléctrico Mix	Consumo eléctrico renovable
Casco histórico	50001	20.499,31	-
Las Fuentes	50002	56.564,28	-
La Almozara	50003	55.867,98	-
Centro - Aljafería	50004	32.442,01	-
Goya	50005	25.824,28	-
Universidad	50006	35.089,78	-
Torrero - La Paz	50007	78.624,77	-
Centro - Miraflores	50008	51.537,18	-
Romareda - Casablanca	50009	51.735,24	-
Parque Roma	50010	38.714,16	-
Venta del Olivar - Miralbueno	50011	47.246,29	-
Valdefierro - Oliver	50012	43.707,65	-
San José	50013	23.860,29	-
Cogullada - Vadorrey	50014	46.948,06	-
El Rabal	50015	52.089,78	-
Santa Isabel	50016	17.327,58	-
Delicias	50017	48.039,36	-
Actur - Rey Fernando	50018	60.422,61	-
Distrito Sur	50019	24.934,17	-
El Zorongo	50020	2.429,95	-
Venecia	50021	9.754,94	-
Arcosur	50022	7.358,30	-
Montañana	50059	5.106,54	-
Alfocea - Monzalbarba	50120	2.604,36	-
Torreçilla de Valmadrid	50139	37,02	-
Garrapinillos	50190	8.339,32	-
Juslibol - El Zorongo	50191	1.468,60	-
Peñaflor	50193	1.851,84	-
Movera	50194	3.939,31	-
Plaza	50197	4.406,02	-
Casetas	50620	8.826,69	-
Villarrapa	50692	1.688,15	-
La Cartuja Baja	50720	4.651,22	-
San Juan de Mozarrifar	50820	4.049,02	-

En el sector residencial, el año 2024 no reporta consumos de energía de origen renovable. Esto es debido a que las instalaciones de autoconsumo de generación renovables no han podido ser recopiladas en este informe, puesto que se trata de datos de carácter personal de cada usuario.

Únicamente se ha reportado el consumo de red por distrito y código postal, datos procedentes de la Cátedra de transición energética municipal (Universidad de Zaragoza).

Como información complementaria, se muestran a continuación el cálculo de consumo medio de energía por habitante.

Tabla 10. Indicadores de consumo por habitante. Sector residencial. Año 2024.

INDICADORES DE CONSUMO PER CÁPITA	
Indicador	2024
Número de habitantes [hab.]	686.986,00
Consumo medio de energía térmica por habitante [MWh/año·hab]	3,09
Consumo medio de energía eléctrica por habitante [MWh/año·hab]	1,28
Consumo medio de energía total por habitante [MWh/año·hab]	4,37

A partir de estos consumos, se utilizan los factores de emisión aplicables para calcular las emisiones directas e indirectas de este subsector.

Tabla 11. Emisiones directas sector residencial. Año 2024.

EMISIONES DIRECTAS SECTOR RESIDENCIAL	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub>	453.341,54
CH <sub>4</sub>	69,54
N <sub>2</sub> O	1,65
NO <sub>x</sub>	353,84
CO	172,52
SO <sub>x</sub>	89,24
COV	NE
COVNM	12,69
NH <sub>3</sub>	6,49
PM <sub>2,5</sub>	5,47
PM <sub>10</sub>	5,47
TSP	5,65
BC	40,56
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	NA
Pb	2,39E-03
Cd	1,14E-03
Hg	8,26E-04
As	7,94E-04
Cr	2,24E-03
Cu	6,69E-04
Ni	1,84E-04
Se	1,11E-04
Zn	0,05
Dioxinas	5,99E-02
Benzo(a)pireno	0,01
Benzo[b]furano	0,01
Benzo[k]furano	3,76E-03
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	0,01
PAH	NA

HCB	4,38E-07
PCBs	5,26E-09
Total POPs	0,06
CO <sub>2</sub> eq	455.732,81

Tabla 12. Emisiones indirectas sector residencial. Año 2024.

EMISIONES INDIRECTAS SECTOR RESIDENCIAL	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub> eq	87.798,61
CH <sub>4</sub>	IE
N <sub>2</sub> O	IE

Respecto a los indicadores por población, se muestran también a continuación las emisiones por habitante:

Tabla 13. Indicadores de emisiones por habitante. Año 2024.

INDICADOR DE EMISIONES PER CÁPITA	
Indicador	2024
Número de habitantes [hab.]	686.986,00
Emisiones de CO <sub>2</sub> eq por habitante [t CO <sub>2</sub> eq/hab]	0,791

## 6.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En esta sección se incluyen los resultados del inventario de emisiones de Zaragoza en el año 2024 dentro del sector residencial comparándolo con los valores registrados en los anteriores inventarios, realizados en los años 2023, 2021, 2019, 2015 y 2005. En la siguiente tabla se recopilan los distintos tipos de consumos y emisiones de CO<sub>2</sub> calculados, así como la variación con respecto al 2005.

Tabla 14. Tendencias de emisiones y consumos en el sector residencial. Años 2005-2024.

TENDENCIAS DE EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR RESIDENCIAL			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO <sub>2</sub> eq [t/año]	Variación de emisiones CO <sub>2</sub> con respecto al 2005 [%]
2005	2.613.524,91	843.145,00	-
2015	2.765.779,63	643.440,04	-24%
2019	3.026.040,02	664.772,62	-21%
2021	3.168.576,20	611.092,14	-28%
2023	2.832.127,02	528.016,07	-37%
2024	3.001.033,36	543.531,42	-36%

Desde 2005, las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente han mostrado un descenso gradual, salvo un leve aumento registrado en 2019. Este decrecimiento refleja mejoras en la eficiencia energética y

cambios en los patrones de consumo doméstico, destacando la relevancia de medidas como la rehabilitación de viviendas y la adopción de fuentes de energía más limpias. Además, la actualización periódica de los factores de emisión ha contribuido a este avance. No obstante, en el año 2024, se ha registrado un ligero aumento tanto en los consumos como en las emisiones. Aun así, las emisiones del año 2024 se han reducido en un 36% respecto a 2005.

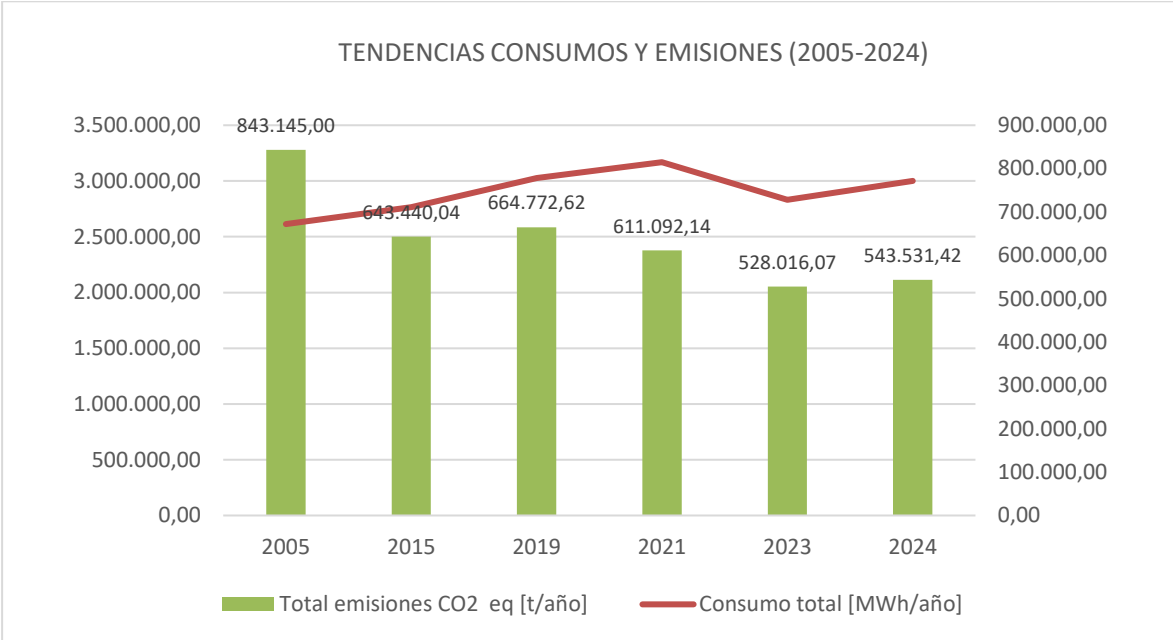


Figura 5. Tendencia de emisiones y consumos del sector residencial. Años 2005-2024.

A modo de resumen del sector, se puede resaltar que tanto los consumos totales como las emisiones han experimentado un leve aumento en el año 2024. En general, se ha producido un aumento de las emisiones de un 3% respecto al inventario anterior (2023), pero una reducción de emisiones de un 36% respecto al año base (2005). Una posible causa del incremento observado es el aumento de la población en el municipio de Zaragoza, que ha elevado de manera directa la demanda energética y, en consecuencia, las emisiones del sector residencial. A este factor se añaden los episodios de temperaturas extremas registrados en distintos periodos de 2024, los cuales han intensificado la necesidad de calefacción y refrigeración en los hogares, incrementando el consumo de energía y las emisiones asociadas.

## 7. EMISIONES SECTOR TRANSPORTE

### 7.1 Organismos participantes

- Sector Transporte:
  - AENA SME, S.A. (en adelante, Aena)
  - Consorcio de Transporte del Área de Zaragoza (CTAZ)
  - Autobuses Urbanos De Zaragoza S.A.U. (en adelante, AVANZA)
  - Ayuntamiento de Zaragoza

### 7.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión para el **subsector de transporte por carretera** consideradas en el cálculo de las emisiones han sido las siguientes:

- **Alcance 1:** correspondientes a los consumos de combustibles asociados al tránsito de:
  - Transporte público (autobuses y tranvía)
  - Flota municipal
  - Tráfico urbano privado (motocicletas, turismos, camión ligero, camión pesado y autobuses privados) en accesos y circunvalaciones, principales vías urbanas y vías al interior de los barrios residenciales

El cálculo de consumos se ha llevado a cabo para los siguientes combustibles: gasóleo, gasolina, Gas Licuado del Petróleo (GLP) y Gas Natural Comprimido (GNC). Para el resto de los combustibles no se han reportado datos.

- **Alcance 2:** correspondientes al consumo de electricidad asociado al tránsito de:
  - Transporte público (autobuses y tranvía)
  - Flota Municipal
  - Tráfico urbano privado (motocicletas, turismos, camión ligero, camión pesado y autobuses privados) en accesos y circunvalaciones, principales vías urbanas y vías al interior de los barrios residenciales.
- **Alcance 3:** se trata de las emisiones que ocurren fuera del término municipal, pero que son resultado de las actividades internas de la ciudad. Dentro del alcance 3, se consideran las emisiones correspondientes a la operación de las líneas de los autobuses urbanos y del CTAZ en otros municipios.

Por otro lado, se incluye también el **subsector de transporte aéreo** con los consumos y emisiones correspondientes a la operación del Aeropuerto de Zaragoza.

Una vez se ha contactado con todos los agentes involucrados en el reporte de datos de transporte, se han recopilado los parámetros necesarios para los cálculos, que se detallan a continuación:

Tabla 15. Información solicitada para calcular las emisiones del sector transporte.

Subsector	INFORMACIÓN SOLICITADA
<b>Transporte público</b>	Km. Recorridos por líneas (año 2024)
	Líneas en formato shapefile (año 2024)
	Caracterización del parque de autobuses por línea: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Combustible: diésel, híbridos, eléctricos</li> <li>- Antigüedad: normativa de emisiones contaminantes que se le aplica</li> </ul>
	Datos de operación de autobuses y tranvías por hora (incluyendo variaciones mensuales)
	Velocidad media de operación (km/h)
	Consumo anual de combustible y electricidad de los autobuses y tranvía
	Confirmar el origen de la energía eléctrica consumida (GdO, normal, autoconsumo)
<b>Flota Municipal</b>	Inventario de vehículos municipales.
	Consumo de cada vehículo por tipo de combustible
<b>Transporte privado</b>	Mapa IMD 2024 en formato shapefile
	Datos de Intensidad media diaria (IMD) por parte de las estaciones de aforo de núcleo urbano. Distribución temporal del tráfico.
	Localización de las estaciones de aforo
	Datos de aforos por tipo de vehículo
	Datos de los vehículos que circulan por núcleo urbano en Zaragoza: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de vehículo: Turismo, ciclomotor, motocicleta, furgoneta, etc.</li> <li>- Combustible: Diésel o gasolina</li> <li>- Antigüedad: Normativa de emisiones contaminantes que les aplica.</li> </ul>
	Accesos y circunvalaciones - Datos de intensidad media diaria (IMD) en las carreteras de acceso
<b>Transporte Aéreo</b>	Tráfico aéreo de Zaragoza según: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad de aterrizajes y despegues de aeronaves del aeropuerto de Zaragoza.</li> <li>- Tipología de las aeronaves que llevan a cabo los aterrizajes y despegues.</li> </ul>

## 7.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

### Emisiones directas

Para el **Alcance 1 y Alcance 3** del **subsector de transporte por carretera**, se identifican los factores de emisión aplicables según la metodología de referencia EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, capítulo 1.A.3.b.i-iv Road transport. Se trata de cálculos que no dependen de un único factor de emisión por contaminante, sino que tiene en cuenta:

- El combustible o vector energético utilizado (gasóleo, gasolina, GNC, GLP o electricidad).
- El tipo de vehículo utilizado (Vehículo de pasajeros, furgonetas y vehículos de trabajo, vehículos pesados, motocicletas y ciclomotores).
- La tecnología del vehículo asociada a la normativa de emisiones EURO.
- La pauta de conducción según la velocidad promedio de conducción (100 km/h para vías interurbanas y 30 km/h para vías urbanas y rurales)

- Pendiente de la vía y nivel de carga (peso) del vehículo. Se ha asumido un nivel de pendiente neutro y un nivel de carga medio)

De acuerdo con estos valores, se calcula un factor de emisión, dado en emisiones por kilómetro recorrido (no por consumo), siguiendo diferentes fórmulas contenidas en la guía citada [1]. A continuación, se muestran todos los factores de emisión utilizados para el transporte público, turismos privados y otros vehículos de la flota vehicular privada. Para estos dos últimos, se presentan dos valores de los FE según la pauta de conducción: 30 Km/h para conducción urbana y rural y 100 Km/h para conducción interurbana.

Tabla 16. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte público.

FACTORES DE EMISIÓN TRANSPORTE PÚBLICO						
	Autobuses urbanos					
	BEV	HEV-e	HEV-d	EURO IV	EURO V	EURO VI
Consumo Energía Térmica [MWh/km]	2,20E-03	2,20E-03	2,93E-03	2,87E-03	2,76E-03	2,93E-03
CO <sub>2</sub> [g/km]	0,00	0,00	725,97	709,55	682,27	725,97
CH <sub>4</sub> [g/km]	0,00	0,00	5,25E-03	5,25E-03	5,25E-03	5,25E-03
N <sub>2</sub> O [g/km]	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03	0,04
NO <sub>x</sub> [g/km]	0,00	0,00	1,18	4,79	6,07	1,18
CO [g/km]	0,00	0,00	0,30	0,98	1,83	0,30
SO <sub>2</sub> [g/km]	0,00	0,00	4,82E-03	4,71E-03	4,53E-03	4,82E-03
COV [g/km]	0,00	0,00	0,04	0,06	0,03	0,04
COVNM [g/km]	0,00	0,00	0,03	0,05	0,02	0,03
NH <sub>3</sub> [g/km]	0,00	0,00	9,00E-03	2,90E-03	0,01	9,00E-03
PM <sub>2,5</sub> [g/km]	0,00	0,00	5,37E-03	0,04	0,05	5,37E-03
PM <sub>10</sub> [g/km]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TSP [g/km]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BC [g/km]	0,00	0,00	8,06E-04	0,03	0,04	8,06E-04
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [g/km]	0,00	0,00	2,15E-05	3,50E-05	1,49E-05	2,15E-05
Pb [g/km]	0,00	0,00	2,89E-07	8,84E-08	8,50E-08	2,89E-07
Cd [g/km]	0,00	0,00	4,82E-08	1,18E-08	1,13E-08	4,82E-08
Hg [g/km]	0,00	0,00	1,08E-06	1,34E-06	1,29E-06	1,08E-06
As [g/km]	0,00	0,00	1,52E-06	2,00E-06	1,93E-06	1,52E-06
Cr [g/km]	0,00	0,00	5,55E-07	4,71E-08	4,53E-08	5,55E-07
Cu [g/km]	0,00	0,00	4,82E-08	2,36E-08	2,27E-08	4,82E-08
Ni [g/km]	0,00	0,00	7,96E-06	4,24E-06	4,08E-06	7,96E-06
Se [g/km]	0,00	0,00	7,23E-08	2,36E-08	2,27E-08	7,23E-08
Zn [g/km]	0,00	0,00	2,10E-06	1,25E-06	1,20E-06	2,10E-06
POPs [g/km]	0,00	0,00	2,42E-04	2,42E-04	2,42E-04	2,42E-04
Total Metales Pesados [g/km]	0,00	0,00	1,37E-05	9,03E-06	8,68E-06	1,37E-05

Tabla 17. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte privado (turismos).

	FACTORES DE EMISIÓN TRANSPORTE PRIVADO - TURISMOS									
	Grupo	Petrol EURO III	Petrol EURO IV	Petrol EURO VI	Diesel EURO III	Diesel EURO IV	Diesel EURO VI	Petrol Hybrid EURO VI	LPG EURO IV	CNG EURO IV
30 km/h										
<b>Consumo Energía Térmica (MWh/km)</b>		8,10E-04	8,27E-04	8,27E-04	6,42E-04	6,42E-04	6,42E-04	3,87E-04	6,90E-04	8,27E-04
<b>CO<sub>2</sub> (g/km)</b>	2	177,94	181,50	181,50	177,11	177,11	177,11	85,01	171,45	150,45
<b>CH<sub>4</sub> (g/km)</b>	1	4,00E-03	5,1E-03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	1,25E-03	0,04
<b>N<sub>2</sub>O (g/km)</b>	1	2,35E-04	2,2E-04	1,04E-03	4,00E-03	4,00E-03	4,00E-03	2,17E-04	1,00E-03	2,17E-04
<b>NO<sub>x</sub> (g/km)</b>	1	0,08	0,07	0,04	0,78	0,64	0,42	0,01	0,07	0,07
<b>CO (g/km)</b>	1	0,49	0,18	0,23	0,13	0,12	0,06	0,06	0,18	0,18
<b>SO<sub>2</sub> (g/km)</b>	2	1,3E-03	1,3E-03	1,3E-03	1,0E-03	1,0E-03	1,0E-03	6,2E-04	0,00	0,00
<b>COV (g/km)</b>	1	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	1,20E-03	1,15E-03	0,01	0,05
<b>COVNM (g/km)</b>	1	0,01	0,01	2,26E-03	0,02	0,02	1,20E-03	-3,93E-03	0,01	3,52E-03
<b>NH<sub>3</sub> (g/km)</b>	1	0,07	0,06	0,02	1,00E-03	1,90E-03	0,01	0,06	0,06	0,06
<b>PM<sub>2,5</sub> (g/km)</b>	1	1,15E-03	1,15E-03	1,85E-03	0,03	0,03	2,04E-03	1,85E-03	1,15E-03	1,15E-03
<b>PM<sub>10</sub> (g/km)</b>	1	1,15E-03	1,15E-03	1,8E-03	0,03	0,03	2,04E-03	1,8E-03	1,15E-03	1,15E-03
<b>TSP</b>	1	1,15E-03	1,15E-03	1,8E-03	0,03	0,03	2,04E-03	1,8E-03	1,15E-03	1,15E-03
<b>BC (g/km)</b>	1	1,7E-04	1,7E-04	2,8E-04	0,03	6,4E-03	4,1E-04	2,8E-04	0,00	0,00
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (g/km)</b>	1	0,00	0,00	0,00	4,5E-04	3,1E-04	2,4E-05	0,00	6,5E-05	0,00
<b>Pb (g/km)</b>	3	8,3E-08	8,4E-08	8,4E-08	2,0E-08	2,0E-08	2,0E-08	3,9E-08	0,00	0,00
<b>Cd (g/km)</b>	3	1,4E-08	1,4E-08	1,4E-08	2,7E-09	2,7E-09	2,7E-09	6,6E-09	0,00	0,00
<b>Hg (g/km)</b>	2	6,0E-07	6,1E-07	6,1E-07	2,9E-07	2,9E-07	2,9E-07	2,9E-07	0,00	0,00
<b>As (g/km)</b>		2,1E-08	2,1E-08	2,1E-08	5,4E-09	5,4E-09	5,4E-09	9,9E-09	0,00	0,00
<b>Cr (g/km)</b>		4,3E-07	4,4E-07	4,4E-07	4,6E-07	4,6E-07	4,6E-07	2,1E-07	0,00	0,00
<b>Cu (g/km)</b>		3,1E-07	3,2E-07	3,2E-07	3,1E-07	3,1E-07	3,1E-07	1,5E-07	0,00	0,00
<b>Ni (g/km)</b>		1,6E-07	1,6E-07	1,6E-07	1,1E-08	1,1E-08	1,1E-08	7,6E-08	0,00	0,00
<b>Se (g/km)</b>		1,4E-08	1,4E-08	1,4E-08	5,4E-09	5,4E-09	5,4E-09	6,6E-09	0,00	0,00
<b>Zn (g/km)</b>		2,3E-06	2,3E-06	2,3E-06	9,7E-07	9,7E-07	9,7E-07	1,1E-06	0,00	0,00
<b>POPs (g/km)</b>	3	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04
<b>Total Metales Pesados (g/km)</b>	2	3,9E-06	4,0E-06	4,0E-06	2,1E-06	2,1E-06	2,1E-06	1,9E-06	0,00	0,00

100 km/h										
Consumo Energía Térmica (MWh/km)		6,45E-04	6,73E-04	6,73E-04	5,40E-04	5,40E-04	5,40E-04	4,67E-04	7,00E-04	6,73E-04
CO <sub>2</sub> (g/km)	2	141,60	147,68	147,68	149,13	149,13	149,13	102,52	173,93	122,41
CH <sub>4</sub> (g/km)	1	4,0E-03	5,1E-03	5,1E-03	0,00	0,00	0,00	5,1E-03	1,3E-03	0,04
N <sub>2</sub> O (g/km)	1	2,3E-04	2,2E-04	1,0E-03	4,0E-03	4,0E-03	4,0E-03	2,2E-04	1,0E-03	2,2E-04
NO <sub>x</sub> (g/km)	1	0,08	0,07	0,03	0,78	0,64	0,07	0,01	0,07	0,07
CO (g/km)	1	0,49	0,18	0,23	0,13	0,12	0,02	0,06	0,18	0,18
SO <sub>2</sub> (g/km)	2	1,0E-03	1,1E-03	1,1E-03	8,5E-04	8,5E-04	8,5E-04	7,5E-04	0,00	0,00
COV (g/km)	1	0,02	0,01	6,9E-03	0,02	0,02	1,2E-03	1,1E-03	0,01	0,05
COVNM (g/km)	1	0,01	6,5E-03	1,8E-03	0,02	0,02	1,2E-03	-3,9E-03	0,01	3,5E-03
NH <sub>3</sub> (g/km)	1	0,07	0,06	0,02	1,0E-03	1,9E-03	7,0E-03	0,06	0,06	0,06
PM2,5(g/km)	1	1,1E-03	1,1E-03	1,1E-04	0,03	0,03	1,4E-04	4,0E-04	1,1E-03	1,1E-03
BC (g/km)	3	1,7E-04	1,7E-04	1,7E-05	0,03	6,4E-03	2,8E-05	6,0E-05	0,00	0,00
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (g/km)	3	0,00	0,00	0,00	4,5E-04	3,1E-04	2,4E-05	0,00	6,5E-05	0,00
Pb (g/km)	2	6,6E-08	6,8E-08	6,8E-08	1,7E-08	1,7E-08	1,7E-08	4,8E-08	0,00	0,00
Cd (g/km)	2	1,1E-08	1,1E-08	1,1E-08	2,3E-09	2,3E-09	2,3E-09	7,9E-09	0,00	0,00
Hg (g/km)	2	4,8E-07	5,0E-07	5,0E-07	2,4E-07	2,4E-07	2,4E-07	3,4E-07	0,00	0,00
As (g/km)		1,6E-08	1,7E-08	1,7E-08	4,6E-09	4,6E-09	4,6E-09	1,2E-08	0,00	0,00
Cr (g/km)		3,4E-07	3,6E-07	3,6E-07	3,9E-07	3,9E-07	3,9E-07	2,5E-07	0,00	0,00
Cu (g/km)		2,5E-07	2,6E-07	2,6E-07	2,6E-07	2,6E-07	2,6E-07	1,8E-07	0,00	0,00
Ni (g/km)		1,3E-07	1,3E-07	1,3E-07	9,1E-09	9,1E-09	9,1E-09	9,1E-08	0,00	0,00
Se (g/km)		1,1E-08	1,1E-08	1,1E-08	4,6E-09	4,6E-09	4,6E-09	7,9E-09	0,00	0,00
Zn (g/km)		1,8E-06	1,9E-06	1,9E-06	8,2E-07	8,2E-07	8,2E-07	1,3E-06	0,00	0,00
POPs (g/km)	3	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04
Total Metales Pesados (g/km)	2	3,1E-06	3,2E-06	3,2E-06	1,7E-06	1,7E-06	1,7E-06	2,2E-06	0,00	0,00

Tabla 18. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte privado (resto vehículos no turismos).

FACTORES DE EMISIÓN TRANSPORTE PRIVADO – RESTO VEHÍCULOS NO TURISMOS											
	Grupo	Vehículos comerciales ligeros < 3,5 t		Vehículos pesados	Autobuses urbanos Estándar 15 - 18 t	Autocares Estándar (18t)	Ciclomotores	Motocicletas	Coches de pasajeros	Ciclomotores	Motocicletas
		Petrol EURO IV	Diesel EURO IV	Diesel EURO IV	Diesel	Diesel EURO IV	EURO IV	EURO IV	BEV PHEV	BEV	BEV
30 km/h											
Consumo Energía Térmica (MWh/km)		1,38E-03	9,49E-04	2,11E-03	2,87E-03	3,85E-03	1,48E-04	2,01E-04	0,00	0,00	0,00
CO <sub>2</sub> (g/km)	2	303,56	262,08	581,97	790,88	1062,27	32,57	44,20	0,00	0,00	0,00
CH <sub>4</sub> (g/km)	1	0,00	0,00	4,2E-03	2,1E-03	2,1E-03	0,002	0,03	0,00	0,00	0,00
N <sub>2</sub> O (g/km)	1	4,0E-03	4,0E-03	0,01	0,00	0,00	1,0E-03	2,0E-03	0,00	0,00	0,00
NO <sub>x</sub> (g/km)	1	0,05	0,88	3,60	4,79	6,62	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00
CO (g/km)	1	1,91	0,32	0,83	0,98	1,51	1,63	1,83	0,00	0,00	0,00
SO <sub>2</sub> (g/km)	2	2,2E-03	1,5E-03	3,3E-03	4,5E-03	6,0E-03	2,4E-04	3,2E-04	0,00	0,00	0,00
COV (g/km)	1	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,32	0,70	NA	NA	NA
COVNM (g/km)	1	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,31	0,67	0,00	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> (g/km)	1	0,06	1,0E-03	2,9E-03	2,9E-03	2,9E-03	1,0E-03	2,0E-03	0,00	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (g/km)	1	1,15E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,24E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
PM <sub>10</sub> (g/km)	1	1,15E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,24E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
TSP (g/km)	1	1,15E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,24E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
BC (g/km)	1	1,7E-04	6,1E-03	0,02	0,03	0,04	2,5E-04	3,0E-03	0,00	0,00	0,00
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (g/km)	1	0,00	6,7E-04	2,8E-05	3,7E-05	5,7E-05	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00
Pb (g/km)	3	1,4E-07	3,0E-08	6,7E-08	9,1E-08	1,2E-07	1,5E-08	2,0E-08	0,00	0,00	0,00
Cd (g/km)	3	2,3E-08	4,0E-09	8,9E-09	1,2E-08	1,6E-08	2,5E-09	3,4E-09	0,00	0,00	0,00
Hg (g/km)	2	1,0E-06	4,2E-07	9,4E-07	1,3E-06	1,7E-06	1,1E-07	1,5E-07	0,00	0,00	0,00
As (g/km)		3,5E-08	8,0E-09	1,6E-08	1,8E-08	3,1E-08	5,0E-09	6,0E-09	0,00	0,00	0,00
Cr (g/km)		7,4E-07	6,8E-07	1,4E-06	1,5E-06	2,6E-06	1,1E-07	1,3E-07	0,00	0,00	0,00
Cu (g/km)		5,3E-07	4,6E-07	9,3E-07	1,0E-06	1,7E-06	7,5E-08	9,0E-08	0,00	0,00	0,00
Ni (g/km)		2,7E-07	1,6E-08	3,3E-08	3,5E-08	6,1E-08	3,9E-08	4,6E-08	0,00	0,00	0,00
Se (g/km)		2,3E-08	8,0E-09	1,6E-08	1,8E-08	3,1E-08	3,3E-09	4,0E-09	0,00	0,00	0,00
Zn (g/km)		3,9E-06	1,4E-06	2,9E-06	3,2E-06	5,5E-06	5,5E-07	6,6E-07	0,00	0,00	0,00
POPs (g/km)	3	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04
Total Metales Pesados (g/km)	2	6,7E-06	3,1E-06	6,8E-06	9,3E-06	1,2E-05	7,1E-07	9,7E-07	0,00	0,00	0,00

100 km/h											
<b>Consumo Energía Térmica (MWh/km)</b>		9,10E-04	1,01E-03	1,63E-03	2,24E-03	2,20E-03	1,97E-04	2,55E-04	0,00	0,00	0,00
<b>CO<sub>2</sub> (g/km)</b>	2	199,83	277,66	450,29	618,36	608,53	43,34	56,09	0,00	0,00	0,00
<b>CH<sub>4</sub> (g/km)</b>	1	0,00	0,00	4,2E-03	2,1E-03	2,1E-03	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00
<b>N<sub>2</sub>O (g/km)</b>	1	4,0E-03	4,0E-03	0,01	0,00	0,00	1,0E-03	2,0E-03	0,00	0,00	0,00
<b>NO<sub>x</sub> (g/km)</b>	1	0,05	0,88	3,60	4,79	6,62	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00
<b>CO (g/km)</b>	1	1,91	0,32	0,83	0,98	1,51	2,15	1,83	0,00	0,00	0,00
<b>SO<sub>2</sub> (g/km)</b>	2	1,5E-03	1,6E-03	2,6E-03	3,5E-03	3,5E-03	3,2E-04	4,1E-04	0,00	0,00	0,00
<b>COV (g/km)</b>	1	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,0E+00	0,70	NA	NA	NA
<b>COVNM (g/km)</b>	1	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	-0,02	0,67	0,00	0,00	0,00
<b>NH<sub>3</sub> (g/km)</b>	1	0,06	1,0E-03	2,9E-03	2,9E-03	2,9E-03	1,0E-03	2,0E-03	0,00	0,00	0,00
<b>PM<sub>2,5</sub> (g/km)</b>	1	1,1E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,6E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>PM<sub>10</sub> (g/km)</b>	1	1,1E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,6E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>TSP</b>	1	1,1E-03	0,03	0,03	0,04	0,05	1,6E-03	0,01	0,00	0,00	0,00
<b>BC (g/km)</b>	3	1,7E-04	6,1E-03	0,02	0,03	0,04	3,2E-04	3,0E-03	0,00	0,00	0,00
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (g/km)</b>	3	0,00	6,7E-04	2,8E-05	3,7E-05	5,7E-05	-1,1E-03	0,04	0,00	0,00	0,00
<b>Pb (g/km)</b>	2	9,3E-08	3,2E-08	5,2E-08	7,1E-08	7,0E-08	2,0E-08	2,6E-08	0,00	0,00	0,00
<b>Cd (g/km)</b>	2	1,5E-08	4,2E-09	6,9E-09	9,4E-09	9,3E-09	3,3E-09	4,3E-09	0,00	0,00	0,00
<b>Hg (g/km)</b>	2	6,7E-07	4,5E-07	7,3E-07	1,0E-06	9,8E-07	1,5E-07	1,9E-07	0,00	0,00	0,00
<b>As (g/km)</b>		2,3E-08	8,5E-09	1,4E-08	1,9E-08	1,9E-08	5,0E-09	6,5E-09	0,00	0,00	0,00
<b>Cr (g/km)</b>		1,2E-06	1,6E-06	1,6E-06	1,1E-07	1,4E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,00	1,2E-06	0,00
<b>Cu (g/km)</b>		3,5E-07	4,8E-07	7,8E-07	1,1E-06	1,1E-06	7,5E-08	9,8E-08	0,00	0,00	0,00
<b>Ni (g/km)</b>		4,9E-07	7,2E-07	1,2E-06	1,6E-06	1,6E-06	1,1E-07	1,4E-07	0,00	0,00	0,00
<b>Se (g/km)</b>		1,8E-07	1,7E-08	2,7E-08	3,8E-08	3,7E-08	3,9E-08	5,0E-08	0,00	0,00	0,00
<b>Zn (g/km)</b>		1,5E-08	8,5E-09	1,4E-08	1,9E-08	1,9E-08	3,3E-09	4,3E-09	0,00	0,00	0,00
<b>POPs (g/km)</b>	3	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	6,2E-04	0,00
<b>Total Metales Pesados (g/km)</b>	2	4,4E-06	3,2E-06	5,3E-06	7,2E-06	7,1E-06	9,5E-07	1,2E-06	0,00	0,00	0,00

Tabla 19. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector de flota municipal.

FACTORES EMISIÓN FLOTA MUNICIPAL			
Gas	Diesel	Gasolina	GLP
CO <sub>2</sub> [kg/L]	2,48	2,25	1,65
CH <sub>4</sub> [kg/L]	4,00E-06	2,24E-04	2,00E-04
N <sub>2</sub> O [g/kg]	0,11	0,07	0,16
NO <sub>x</sub> [g/kg]	11,77	3,98	5,48
CO [g/kg]	2,41	48,36	58,22
SO <sub>x</sub> [ppm]	5	3	0
COV [g/kg]	NE	NE	NE
COVNM [g/kg]	0,51	7,75	9,43
NH <sub>3</sub> [g/kg]	0,02	0,84	1,02
PM <sub>2,5</sub> [g/kg]	0,78	0,02	0,03
PM <sub>10</sub> [g/kg]	0,78	0,02	0,03
TSP [g/kg]	0,78	0,02	0,03
BC [% de PM <sub>2,5</sub> ]	0,12	0,57	0,00
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [% de COVNM]	1,98	6,83	0,63
Pb [ppm]	1,52E-03	1,21E-03	1,45E-03
Cd [ppm]	5,00E-05	2,00E-04	0,00
Hg [ppm]	5,30E-03	8,70E-03	0,00
As [ppm]	NE	NE	NE
Cr [ppm]	NE	NE	NE
Cu [ppm]	NE	NE	NE
Ni [ppm]	NE	NE	NE
Se [ppm]	NE	NE	NE
Zn [ppm]	NE	NE	NE
Dioxinas [ng I-TEQ/GJ]	NE	NE	NE
Benzo(a)pireno [g/kg]	3,20E-05	5,81E-06	1,98E-07
Benzo(b)furan o [g/kg]	3,59E-05	7,15E-06	0,00
Benzo(k)furan o [g/kg]	2,82E-05	4,56E-06	1,98E-07
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [g/kg]	2,98E-05	7,88E-06	1,98E-07
PAH [g/kg]	NE	NE	NE
HCB [g/kg]	NE	NE	NE
PCBs [g/kg]	NE	NE	NE
Total POPs	1,26E-04	2,54E-05	5,94E-07

Para el **Alcance 1** del **subsector de transporte aéreo**, se identifican los factores de emisión aplicables según la metodología de referencia EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, capítulo 1.A.3.a Aviation. No se aplica el Alcance 2, al no haber consumos eléctricos, ni el Alcance 3 ya que el Aeropuerto de Zaragoza se encuentra dentro del término municipal.

Tabla 20. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector del transporte aéreo.

FACTORES EMISIÓN TRANSPORTE AÉREO	
Contaminantes	Queroseno
CO <sub>2</sub> [kg/t]	3.150,00
CH <sub>4</sub> [g/t]	214,00
N <sub>2</sub> O [g/t]	85,60
NO <sub>x</sub> [g/t]	14.863,00
CO [g/t]	2.828,50
SO <sub>x</sub> [g/t]	840,00
COV [g/t]	NA
COVNM [g/t]	390,70
NH <sub>3</sub> [g/t]	NA
PM <sub>2,5</sub> [g/t]	95,43
PM <sub>10</sub> [g/t]	95,43
TSP [g/t]	95,43
BC [g/t]	45,81
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [g/t]	NA
Pb [mg/t]	0,30
Cd [mg/t]	0,05
Hg [mg/t]	2,29
As [mg/t]	0,10
Cr [mg/t]	12,10
Cu [mg/t]	7,34
Ni [mg/t]	0,10
Se [mg/t]	0,10
Zn [mg/t]	19,01
Dioxinas [mg/t]	NA
Benzo(a)pireno [mg/t]	NA
Benzo[b]furano [mg/t]	NA
Benzo[k]furano [mg/t]	NA
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [mg/t]	NA
PAH [mg/t]	8,56
HCB [mg/t]	NA
PCBs [mg/t]	NA
Total POPs [mg/t]	8,56

### Emisiones indirectas

Para el caso concreto de emisiones indirectas, se utiliza el factor de emisión CO<sub>2</sub> asociado al mix energético español del año 2024, y que aparece descrito en el 4.METODOLOGÍA de este informe.

## 7.4 Resultados del inventario de emisiones 2024

### 7.4.1 Transporte público

Para la evaluación de las emisiones asociadas a la movilidad pública se han recopilado primeramente los kilómetros recorridos eléctricos, es decir, los correspondientes al tranvía y a los autobuses con motorización total o parcialmente eléctrica.

Existen 64 líneas (1 tranvía y 63 autobuses): el tranvía en el año 2024 recorrió 1.569.500,00 km; los vehículos de motorización híbrida eléctrica enchufable y/o vehículos eléctricos con batería

(PHEV/BEH) recorrieron entre las dos en 2024 de 3.419.798,55 km. Finalmente las líneas de autobuses que disponían de vehículos híbridos diésel/eléctricos (HEV) alcanzaron los 4.185.606,36 km.

Para la evaluación de las emisiones asociadas a la motorización térmica, se contabilizaron los tipos de motorización presentes en cada una de las líneas, quienes alcanzaron un total de 14.934.458,04 km en 2024.

Así mismo, se han contabilizado los 5.112.083,97 km recorridos por los autobuses operados por CTAZ para el mismo año. Para el transporte público se considera todo su recorrido, independientemente si este ocurre dentro o fuera del término municipal. Por ende, se reportan las emisiones de Alcance 1 (emisiones directas dentro del término municipal) y Alcance 3 (emisiones directas fuera del término municipal).

Para evaluar los consumos térmicos se dividió el consumo entre tres componentes. Según las especificaciones técnicas del autobús, los autobuses híbridos presentaban un consumo de 11 l diésel/100 km correspondiente esto a un 30% del consumo total energético del vehículo. Para los autobuses EURO IV, EURO V y EURO VI, se utilizaron como factores de consumo 0,2356 kg diésel/km, 0,2266 kg diésel/km y 0,2340 kg diésel/km respectivamente considerando el consumo en caliente con una media de velocidad de 30 km/h. Teniendo en cuenta el Poder Calorífico del diésel que equivale a 42,695 MJ/kg y una densidad de 840 kg/m<sup>3</sup>, se pudo obtener el consumo energético.

De manera análoga, para poder evaluar los consumos energéticos del tranvía, se utilizó la información proveniente de estudios previos (en concreto Z2020xMUS e IREZAR) realizados para el Ayuntamiento de Zaragoza [6]. El consumo de energía cuantificado resultante era de 4,47 kWh/km. Para evaluar los consumos de los autobuses híbridos enchufables, a partir de la información proporcionada, se consultó la ficha técnica del vehículo, obteniendo un consumo de 2,2 kWh/km. Este mismo consumo se utilizó para los vehículos híbridos no enchufables en su parte eléctrica. A continuación, se muestra un resumen anual de los consumos y distancias recorridas por el transporte público de Zaragoza.

Tabla 21. Consumos del subsector transporte público. Año 2024.

CONSUMOS TRANSPORTE PÚBLICO		
	Distancia recorrida [km/año]	Consumo energía [MWh/año]
<b>Tranvía</b>	1.569.465,34	22.934
<b>Autobuses BEH/PHEB</b>	3.419.730,09	
<b>HEV-eléctrico</b>	4.185.606,36	43.024
<b>HEV-térmico</b>	1.793.831,30	
<b>EURO IV</b>	9.952.391,93	
<b>EURO V</b>	556.609,45	
<b>EURO VI</b>	2.631.625,36	
<b>TOTAL</b>	24.109.259,83	67.181,11 (27% eléctrico)

Para poder obtener las emisiones asociadas a cada línea se procedió a determinar las emisiones por kWh tanto eléctrico como térmico. La electricidad consumida por los autobuses eléctricos

enchufables, así como el 98,56% de la del tranvía de Zaragoza tiene Garantía de Origen Renovable (GdO), por lo que las emisiones directas e indirectas asociadas a estos consumos eléctricos no se contabilizan.

Para el cálculo de los factores de emisión se siguió el método de nivel 3 para transporte de carretera, que depende tanto de la distancia total recorrida (distribuida por tecnología y tipo de combustible), como de la velocidad promedio de los vehículos. Por otro lado, divide a los contaminantes en aquellos cuyos factores de emisión dependen únicamente de la distancia recorrida (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, Pb, entre otros), y aquellos en los que se tiene en cuenta el consumo energético asociado al modo de conducción (urbano, rural o en autovía) según la velocidad promedio y el consumo energético (NO<sub>x</sub>, CO, VOC, PM<sub>2,5</sub>).

Tabla 22. Emisiones directas subsector transporte público. Año 2024.

EMISIONES DIRECTAS TRANSPORTE PÚBLICO	
Gas	(t/año)
CO <sub>2</sub>	10.654,29
CH <sub>4</sub>	0,08
N <sub>2</sub> O	0,33
NO <sub>x</sub>	56,23
CO	12,13
SO <sub>x</sub>	0,07
COV	0,72
COVNM	0,65
NH <sub>3</sub>	0,07
PM <sub>2,5</sub>	0,44
PM <sub>10</sub>	0,44
TSP	0,44
BC	0,32
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	4,52E-04
Pb	2,21E-06
Cd	3,37E-07
Hg	2,24E-05
As	5,67E-07
Cr	2,77E-05
Cu	1,89E-05
Ni	2,95E-06
Se	4,61E-07
Zn	7,97E-05
Dioxinas	NA
Benzo(a)pireno	NA
Benzo[b]furano	NA
Benzo[k]furano	NA
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	NA
PAH	NA
HCB	NA
PCBs	NA
Total POPs	3,61E-03
CO <sub>2</sub> eq	10.746,43

## 7.4.2 Flota Municipal

Respecto a la **flota municipal**, el Ayuntamiento de Zaragoza facilitó un inventario de los vehículos municipales correspondientes a diferentes usos y servicios, como Alcaldías, Arquitectura, Bomberos, Conservación de Infraestructuras, Energía, Fomento de Empleo, Gestión Tributaria, Información y Organización, Limpieza, Movilidad Urbana, Parques y Jardines, Patrimonio y Contratación, Policía Local, Protección Animal, Recaudación Ejecutiva, Servicios Públicos, etc.

A partir de los factores de emisión englobados en el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono publicado por MITECO [7], los recopilados de la EEA [1] y los consumos por cada vehículo (datos suministrados por el Ayuntamiento – 132.963,39 l/gasolina, 321.255,91 l/diésel, 8.547,58 l/GLP), es posible obtener las emisiones directas de 2024 asociadas a los vehículos municipales. Cabe destacar que estas emisiones no han sido trasladadas a las celdas, sino que se dan agrupadas.

*Tabla 23. Consumos del subsector flota municipal. Año 2024*

CONSUMOS FLOTA MUNICIPAL (MWh/año)					
Consumos directos				Consumos indirectos	
Instalación	Diésel	Gasolina	GLP	Consumo eléctrico de red (mix nacional)	Consumo eléctrico origen renovable
<b>Transporte municipal</b>	3.200,66	1.212,67	57,49	-	-

Tabla 24. Emisiones directas subsector flota municipal. Año 2024.

EMISIONES DIRECTAS FLOTA MUNICIPAL	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub>	1.340,64
CH <sub>4</sub>	0,26
N <sub>2</sub> O	0,04
NO <sub>x</sub>	5,02
CO	5,87
SO <sub>x</sub>	2,00E-03
COV	NE
COVNM	0,95
NH <sub>3</sub>	0,08
PM <sub>2,5</sub>	0,22
PM <sub>10</sub>	0,22
TSP	0,22
BC	0,11
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,05
Pb	4,73E-04
Cd	5,38E-08
Hg	3,50E-06
As	9,00E-08
Cr	4,27E-06
Cu	2,91E-06
Ni	4,79E-07
Se	7,24E-08
Zn	1,25E-05
Dioxinas	NE
Benzo(a)pireno	5,87E-06
Benzo[b]furano	8,27E-06
Benzo[k]furano	7,07E-06
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	5,90E-06
PAH	NE
HCB	NE
PCBs	NE
Total POPs	2,71E-05
CO <sub>2</sub> eq	1.359,39

### 7.4.3 Transporte privado

Este apartado cubre el inventario de emisiones procedente de los vehículos particulares, así como transporte ligero y pesado tanto en las calles de Zaragoza (sólo ciudad) cómo en las circunvalaciones

y entradas a la ciudad. Primero, se realiza el cálculo del factor de Actividad (vehículo-kilómetro/año) para cada tipología de vehículo. De acuerdo con la información recibida por el Ayuntamiento de Zaragoza y respecto a las tipologías de vehículo incluidas dentro metodología EMEP/EEA 2023, la flota vehicular de Zaragoza está distribuida como presenta la siguiente tabla.

Tabla 25. Distribución de la flota de vehículos privados y comerciales de Zaragoza. Año 2024.

DISTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS PRIVADOS			
Tipología de vehículo	Código NFR	Nº total vehículos	Porcentaje
<b>Vehículo de pasajeros Gasolina EURO III</b>	1.A.3.b.i	34.342	9,48%
<b>Vehículo de pasajeros Gasolina EURO IV</b>	1.A.3.b.i	43.752	12,07%
<b>Vehículo de pasajeros Gasolina EURO VI</b>	1.A.3.b.i	50.109	13,83%
<b>Vehículo de pasajeros Diesel EURO III</b>	1.A.3.b.i	30.371	8,38%
<b>Vehículo de pasajeros Diesel EURO IV</b>	1.A.3.b.i	38.693	10,68%
<b>Vehículo de pasajeros Diesel EURO VI</b>	1.A.3.b.i	44.315	12,23%
<b>Vehículo de pasajeros Híbrido EURO VI</b>	1.A.3.b.i	16.914	4,67%
<b>Vehículo de pasajeros GLP EURO IV</b>	1.A.3.b.i	1.355	0,37%
<b>Vehículo de pasajeros Gas natural EURO IV</b>	1.A.3.b.i	107	0,03%
<b>Vehículos comerciales ligeros &lt;3.5t gasolina EURO III</b>	1.A.3.b.ii	3.947	1,09%
<b>Vehículos comerciales ligeros &lt;3.5t diésel EURO III</b>	1.A.3.b.ii	15.397	4,25%
<b>Vehículos pesados Diesel EURO III</b>	1.A.3.b.iii	26.634	7,35%
<b>Ciclomotor Gasolina EURO III</b>	1.A.3.b.iv	11.230	3,10%
<b>Motocicletas gasolina EURO III</b>	1.A.3.b.iv	43.237	11,93%
<b>Vehículos de pasajeros eléctrico o híbrido enchufable</b>	1.A.3.b.i	1.437	0,40%
<b>Ciclomotor eléctrico</b>	1.A.3.b.iv	151	0,04%
<b>Motocicleta eléctrica</b>	1.A.3.b.iv	436	0,12%

Con la distribución de los vehículos por tipo y tecnología, el siguiente paso consiste en cuantificar Intensidad Media Diaria (IMD) del tráfico en las vías urbanas, rurales e interurbanas (accesos y circunvalaciones). Para esto, se utilizan los volúmenes de vehículos medidos por la red de estaciones de aforo de la ciudad y de las vías interurbanas. A través de técnicas de geoprocésamiento, el tráfico medido por las estaciones de aforo (elemento puntual) se convierte en IMD a nivel de vía (elemento lineal) para toda la ciudad.

Esto requiere de un proceso iterativo que permite otorgar el nivel de tráfico correcto a cada vía principal de la ciudad. Se parte del hecho de que cada estación de aforo se localiza sobre un tramo de vía, así que primero, se asigna el valor de la IMD a cada tramo. Para completar la red es necesario verificar que el nodo final de tramo aforado corresponda con el nodo inicial del siguiente tramo, que el siguiente tramo identificado no corresponda a otra vía (por ejemplo, en cruce de calles o bifurcaciones) y que el siguiente tramo identificado mantenga las mismas condiciones de circulación (cambio de sentido o inicio de vía peatonal, por ejemplo). Con estas premisas, se ha

construido un modelo de cálculo como se muestra en la Figura 6, para finalmente conseguir una red completa como presenta la Figura 7.

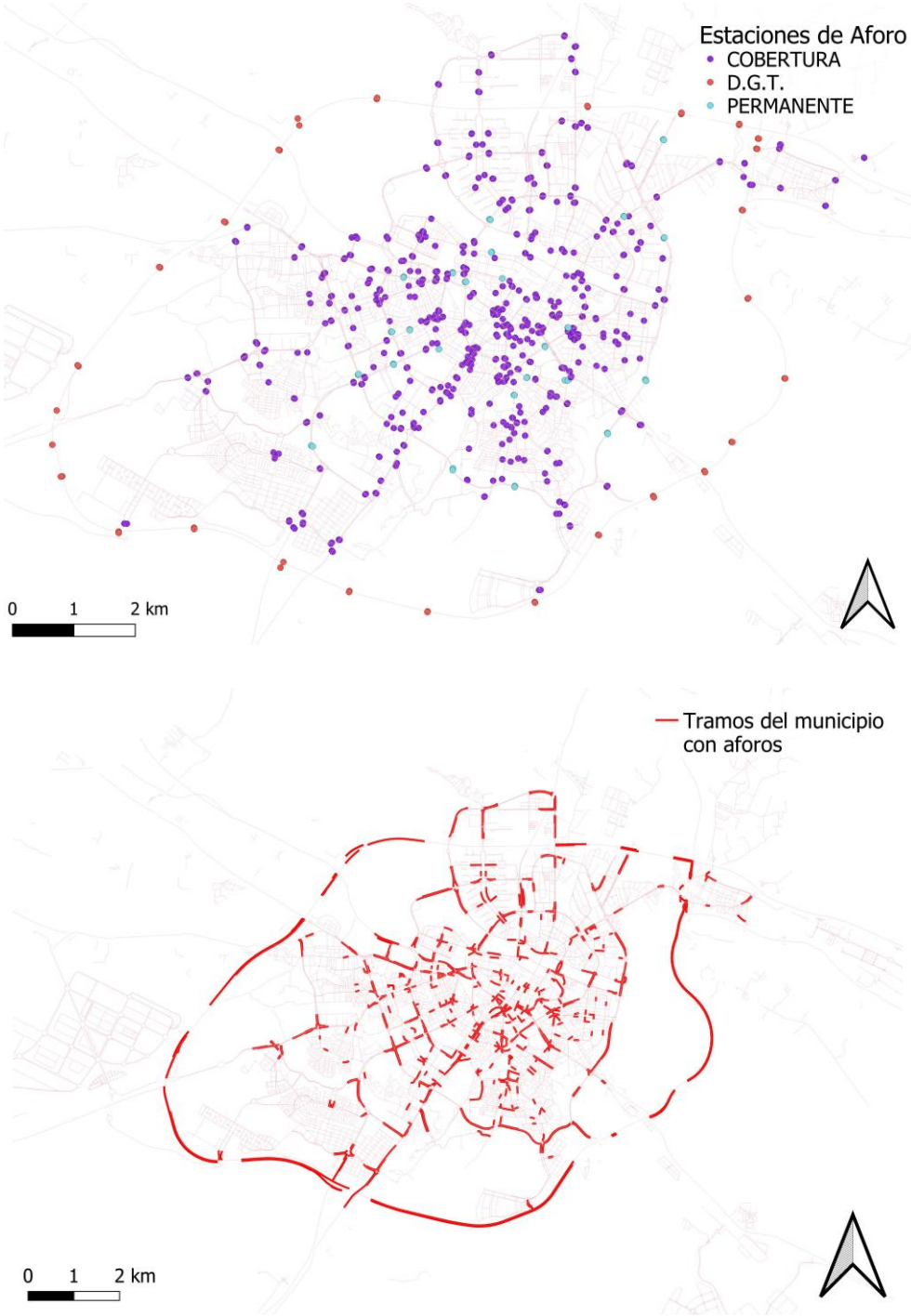


Figura 6. Estaciones de aforo (arriba) y red incompleta (abajo). Zaragoza.

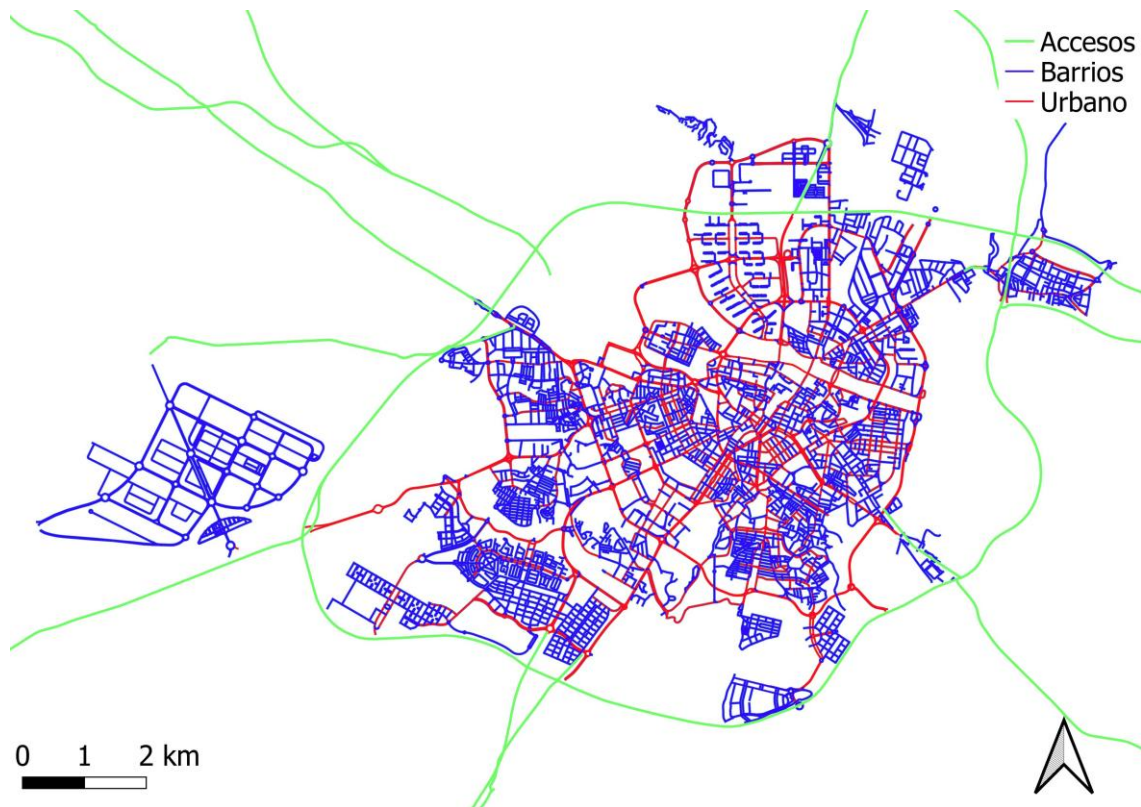


Figura 7. Red completa de calles principales.

En cuanto a las circunvalaciones y accesos, se obtuvo la IMD a partir de los datos proporcionados por el Ministerio de Fomento [8]. Se realiza un balance de entradas y salidas con los datos de aforos dentro del término municipal y las estaciones de medición justo fuera de este límite. La diferencia entre las entradas y salidas, permiten calcular que cerca del 20% de vehículos que transitan en estas vías intermunicipales no tienen origen o destino en Zaragoza, sino que atraviesan el término municipal como tránsito de paso.

Finalmente, el último paso del proceso consiste en evaluar el tráfico urbano privado en las calles que no tenían estación de aforo ni eran calles principales. Para ello se procede a evaluar la IMD calculada a partir de los viajes totales identificados en el PMUS del año 2017 [9] y la densidad de población de cada sección censal. De este modo, aunque no se tuviesen mediciones en todas las calles, se puede estimar un número de viajes por cada celda en todas las calles de Zaragoza y sus barrios rurales.

A continuación, se muestra la información total de consumos anuales para 2024 por tipo de combustible y por tipo de vehículo. Para la evaluación de las emisiones se ha considerado una velocidad media urbana de 30 km/h y para circunvalaciones y accesos de 100 km/h.

Tabla 26. Consumos del subsector transporte privado. Año 2024.

CONSUMOS TRANSPORTE PRIVADO			
Tipología de vehículo	Combustible / fuente energía	Distancia recorrida [km/año]	Consumo energía [MWh/año]
Vehículo de pasajeros Gasolina EURO III	Gasolina	279.341.928,02	1.344.042,08
Vehículo de pasajeros Gasolina EURO IV		355.880.705,36	
Vehículo de pasajeros Gasolina EURO VI		407.588.605,88	
Vehículo de pasajeros Híbrido EURO VI		247.044.612,65	
Vehículos comerciales ligeros <3.5t gasolina EURO III		314.734.030,90	
Ciclomotor Gasolina EURO III		360.463.500,68	
Motocicletas gasolina EURO III		137.580.495,33	
Vehículo de pasajeros Diesel EURO III	Diesel	11.021.731,77	556.697,57
Vehículo de pasajeros Diesel EURO IV		870.350,77	
Vehículo de pasajeros Diesel EURO VI		32.101.670,85	
Vehículos comerciales ligeros <3.5t diésel EURO III		125.242.420,17	
Vehículos pesados Diesel EURO III		216.644.135,78	
Vehículo de pasajeros GLP EURO IV	GLP	32.583.864,41	4.833,44
Vehículo de pasajeros Gas natural EURO IV	Gas Natural	125.452.230,24	25.256,37
Vehículos de pasajeros eléctrico o híbrido enchufable	Electricidad	4.169.457,98	12.919,81
Ciclomotor eléctrico		438.126,76	
Motocicleta eléctrica		1.265.054,75	
<b>TOTAL</b>		<b>2.652.422.922,33</b>	<b>1.943.749,26</b>

Tabla 27. Emisiones directas subsector transporte privado. Año 2024.

EMISIONES DIRECTAS TRANSPORTE PRIVADO	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub>	484.594,38
CH <sub>4</sub>	10,82
N <sub>2</sub> O	7,68
NO <sub>x</sub>	1.423,98
CO	951,62
SO <sub>x</sub>	3,05
COV	NA
COVNM	124,90
NH <sub>3</sub>	66,40
PM2,5	31,07
PM10	0,00
TSP	0,00
BC	14,81
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	5,58
Pb	1,51E-04
Cd	1,93E-05
Hg	1,11E-03
As	NA
Cr	NA
Cu	NA
Ni	NA
Se	NA
Zn	NA
Dioxinas	NA
Benzo(a)pireno	NA
Benzo[b]furano	NA
Benzo[k]furano	NA
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	NA
PAH	NA
HCB	NA
PCBs	NA
Total POPs	1,65
CO <sub>2</sub> eq	486.992,77

Tabla 28. Emisiones indirectas del subsector transporte privado. Año 2024.

EMISIONES INDIRECTAS TRANSPORTE PRIVADO	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub>	1.292,92
CH <sub>4</sub>	IE
N <sub>2</sub> O	IE

#### 7.4.4 Transporte aéreo

Para llevar a cabo la caracterización de las emisiones del tráfico aéreo en Zaragoza se requirió la siguiente información:

- Cantidad de aterrizajes y despegues de aeronaves del aeropuerto de Zaragoza.
- Tipología de las aeronaves que llevan a cabo los aterrizajes y despegues.

Estos datos fueron obtenidos de la información puesta a disposición por el aeropuerto de Zaragoza en su página de estadística para el año 2024 [10]. La información recopilada contabilizaba los movimientos en el aeropuerto por tipo de aeronave. Las aeronaves fueron agrupadas según su código ICAO y a partir de dicho código se recopiló los valores de combustible consumidos por LTO (Landing and take off – Aterrizajes y despegues) según lo establecido por la EEA en su Anexo V del 1.A.3.a Aviation. Debido a que no todos los tipos de aeronaves se encuentran dentro de tal Anexo, fue necesario realizar una búsqueda individual de los consumos de cada aeronave.

De acuerdo con la duración de las distintas fases de un LTO establecidas por la EEA, se estimó que el tiempo que duraba un LTO dentro del término municipal de Zaragoza era de 13 minutos. Para determinar el número de ciclos LTO, se supuso que la mitad de los movimientos eran de aterrizaje y la otra mitad de despegue.

Con el número de ciclos LTO, el consumo de combustible y los factores de emisión definidos [11], se pudo llevar a cabo el cálculo de las emisiones debidas al tráfico aéreo en Zaragoza. En este caso, las emisiones fueron asignadas a las celdas correspondientes a la terminal del aeropuerto de Zaragoza. En la siguiente tabla se muestran las emisiones totales directas anuales correspondientes al 2024.

Tabla 29. Emisiones directas del subsector tráfico aéreo. Año 2024.

EMISIONES DIRECTAS TRANSPORTE AÉREO	
Gas	t/año
<b>CO<sub>2</sub></b>	9.750,94
<b>CH<sub>4</sub></b>	0,66
<b>N<sub>2</sub>O</b>	0,26
<b>NO<sub>x</sub></b>	46,01
<b>CO</b>	8,76
<b>SO<sub>x</sub></b>	2,60
<b>COV</b>	NA
<b>COVNM</b>	1,21
<b>NH<sub>3</sub></b>	NA
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	0,30
<b>PM<sub>10</sub></b>	0,30
<b>TSP</b>	0,30
<b>BC</b>	0,14
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	NA
<b>Pb</b>	9,23E-07
<b>Cd</b>	1,60E-07
<b>Hg</b>	7,09E-06
<b>As</b>	3,08E-07
<b>Cr</b>	3,74E-05
<b>Cu</b>	2,27E-05
<b>Ni</b>	3,08E-07
<b>Se</b>	3,08E-07
<b>Zn</b>	5,88E-05
<b>Dioxinas</b>	NA
<b>Benzo(a)pireno</b>	NA
<b>Benzo[b]furano</b>	NA
<b>Benzo[k]furano</b>	NA
<b>INDENO (1,2,3-cd)</b>	NA
<b>PIRENO</b>	NA
<b>PAH</b>	2,65E-05
<b>HCB</b>	NA
<b>PCBs</b>	NA
<b>Total POPs</b>	2,65E-05
<b>CO<sub>2</sub> eq</b>	<b>9.841,76</b>

#### 7.4.5 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En este apartado se muestra un resumen de los consumos y emisiones totales de todo el sector transporte para el año de estudio (2024), así como una comparativa con los valores de años anteriores con objeto de poder establecer tendencias que sirvan como base para potenciales mejoras. El año base de cálculo en el cual comienza el análisis de tendencias es 2005.

## Transporte público

Para poder analizar las emisiones asociadas al transporte público, se realiza una comparación global únicamente considerando tranvía y buses para 2005, 2015, 2019, 2021, 2023 y 2024.

Cabe destacar que el parque de autobuses de Zaragoza ha sufrido un cambio significativo en los últimos años. En 2005, el parque móvil se distribuía entre ECE 04 (Economic y EURO IV, siendo el mayoritario el EURO III). En 2015 todos los autobuses se consideraron EURO IV. En 2019 empezaron a usarse también más autobuses eléctricos, eléctricos enchufables, híbridos EURO IV y EURO VI, y para el 2021 el número de este tipo de vehículos ha ido en aumento, mientras que los EURO IV de diésel (los más antiguos) han ido disminuyendo, lo que lógicamente a supuesto también una disminución de las emisiones directas por kilómetro. En el caso del 2023 cabe destacar el aumento de la flota eléctrica, así como la formación de un equilibrio entre vehículos de diésel e híbridos. Para el 2024 se han mantenido la misma distribución reportada en el 2023 debido a que no se disponía de la información necesaria.

Tabla 30. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector del transporte público. Año 2005-2024.

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS TRANSPORTE PÚBLICO (2005-2024)			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO <sub>2</sub> eq [t/año]	Variación de emisiones CO <sub>2</sub> con respecto al 2005 [%]
2005	82.737	22.090,00	-
2015	68.111	16.885,00	-23,56%
2019	78.034,00	18.602,13	-15,79%
2021	68.161,82	12.572,30	-43,09%
2023	66.218,53	10.773,22	-51,23%
2024	65.958,17	10.746,43	-51,35%

## Flota Municipal

A continuación, se presenta la comparación de consumos de combustible (en litros) y las emisiones directas para la flota municipal, para los gases CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas. En la siguiente tabla se recoge la evolución de estos indicadores en los diferentes inventarios realizados. Tras varios años de reducción sostenida tanto del consumo energético como de las emisiones, en 2024 se observa un incremento respecto al inventario de 2023, motivado no tanto por un mayor consumo de combustible en comparación con años anteriores, sino por un aumento del número de servicios y, en consecuencia, de vehículos que han reportado datos en este último año.

Tabla 31. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector de flota municipal. Año 2005-2024.

TENDENCIA EMISIONES Y CONSUMOS FLOTA MUNICIPAL (2005-2024)			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO <sub>2</sub> eq [t/año]	Variación de emisiones CO <sub>2</sub> con respecto al 2005 [%]
2005	6.114,00	1.579,00	-
2015	5.323,00	1.324,00	-16,15%
2019	4.261,00	1.032,00	-34,64%
2021	4.157,14	1.039,38	-35,44%

<b>2023</b>	4.037,28	989,19	-37,35%
<b>2024</b>	4.470,82	1.359,39	-13,91%

### Transporte privado

Para el transporte privado, el primer punto de comparación es el número total de kilómetros recorridos. En el caso de los vehículos eléctricos, el inventario de 2005 y 2015 no consideraron este tipo de vehículos dentro de los casos evaluados. Para el resto de los años se ha supuesto que el uso de estos vehículos se destinaba únicamente a recorridos urbanos.

Tabla 32. Tendencias de emisiones y consumos en el subsector del transporte privado. Año 2005 - 2024

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS TRANSPORTE PRIVADO			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO <sub>2</sub> eq [t/año]	Variación de emisiones CO <sub>2</sub> con respecto al 2005 [%]
<b>2005</b>	1.864.242,00	478.286,00	-
<b>2015</b>	2.024.580,00	505.900,00	5,77%
<b>2019</b>	1.723.055,00	433.433,00	-10,48%
<b>2021</b>	1.791.572,00	454.295,00	-5,57%
<b>2023</b>	2.190.083,00	554.850,77	15,13%
<b>2024</b>	1.943.749,26	488.285,68	2,09%

Por otro lado, el desarrollo y la modernización experimentada en el parque móvil de Zaragoza, se puede resumir en:

- Un aumento en vehículos más moderno y un decrecimiento de los más antiguos
- El crecimiento de vehículos híbridos y eléctricos, pero presentando todavía una participación baja

Cabe destacar que en 2024 se observa un descenso tanto en el consumo energético como en las emisiones respecto al año 2023. Este comportamiento se genera a la lenta, pero constante penetración de tecnologías más eficientes y a un cambio en los patrones de movilidad, reflejando una leve recuperación de la tendencia descendente en las emisiones tras el repunte de 2023.

### Transporte aéreo

Para el tráfico aéreo se comparan los movimientos de aeronaves, así como las emisiones anteriormente desglosadas en la sección de tráfico urbano.

Tabla 33. Movimientos de aeronaves en transporte aéreo de Zaragoza. Año 2024.

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS TRANSPORTE AÉREO			
Año	Movimientos	Emisiones CO <sub>2</sub> eq [t/año]	Variación de emisiones CO <sub>2</sub> con respecto al 2005 [%]
<b>2005</b>	9.906	26.755,00	-
<b>2015</b>	7.051	12.354,00	-53,83%
<b>2019</b>	8.772	12.119,00	-54,70%
<b>2021</b>	9.168	8.540,00	-68,08%
<b>2023</b>	9.716	8.775,21	-67,20%

<b>2024</b>	10.378	9.841,76	-63,22%
-------------	--------	----------	---------

### Total sector transporte

A continuación, se muestra la tabla resumen de tendencias del total de emisiones y consumos del sector transporte para el año 2024, contemplando transporte público, flota municipal, transporte privado y aéreo.

*Tabla 34. Tendencias de emisiones y consumos en el sector transporte. Año 2005-2024.*

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR TRANSPORTE			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO <sub>2</sub> eq [t/año]	Variación de emisiones CO <sub>2</sub> con respecto al 2005 [%]
<b>2005</b>	1.962.999	528.710,00	-
<b>2015</b>	2.105.065	538.383,00	2%
<b>2019</b>	1.814.122	465.419,91	-12%
<b>2021</b>	1.873.059	476.641,62	-10%
<b>2023</b>	2.293.167	575.388,40	9%
<b>2024</b>	2.050.980,76	510.233,27	-3%

Si bien en 2019 las emisiones se redujeron significativamente (-12% respecto a 2005), el año 2023 mostró un repunte con un incremento del 9% frente al año base, impulsado por el aumento del consumo energético total (2.293.167 MWh/año).

En 2024, sin embargo, se observa una corrección de esta tendencia, con una disminución tanto del consumo energético como de las emisiones totales, que descienden hasta un 3% por debajo de los niveles de 2005. Este descenso viene motivado por la mejora en la eficiencia del parque vehicular, una mayor participación de vehículos híbridos y eléctricos, y un ajuste en los patrones de movilidad urbana que moderan el crecimiento del transporte privado.

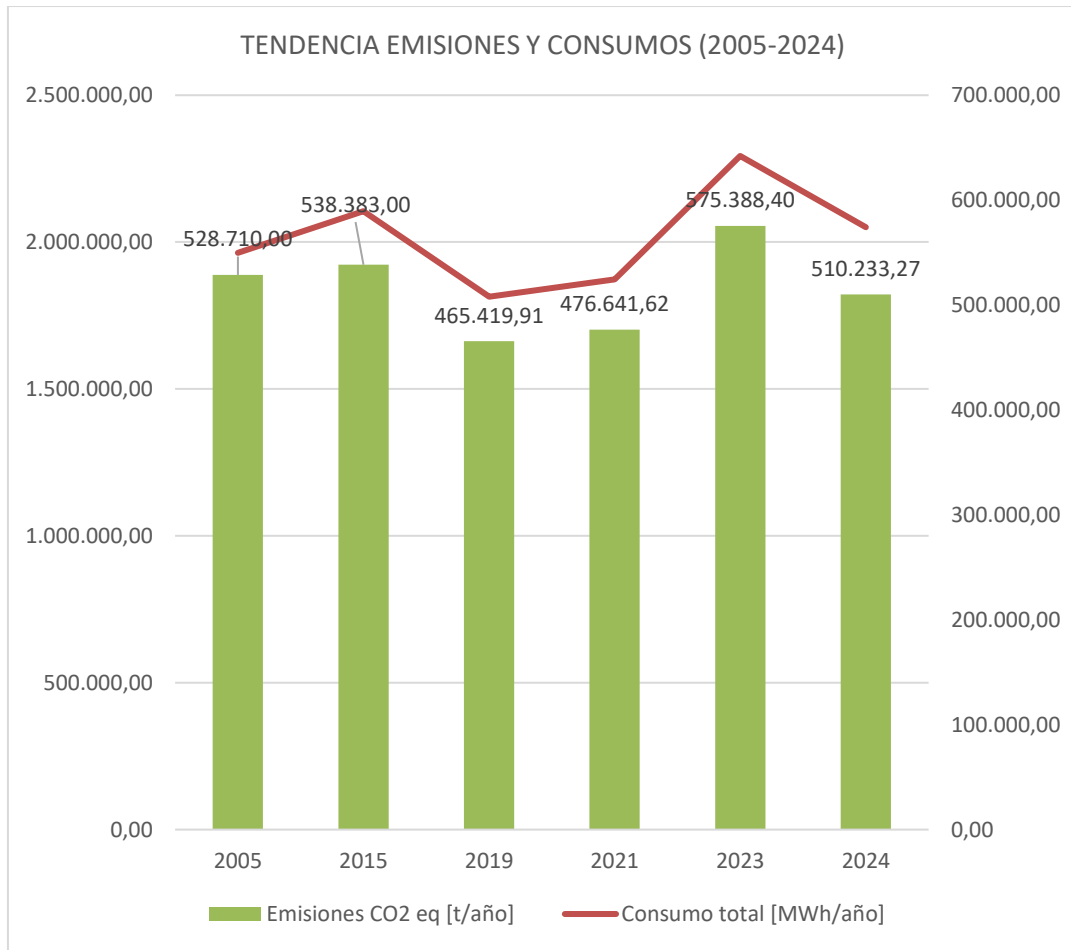


Figura 8. Tendencia de emisiones y consumos del sector transporte. Años 2005-2024.

## 8. EMISIONES SECTOR MUNICIPAL Y SERVICIOS

### 8.1 Organismos participantes

Sector Municipal y Servicios:

- Ayuntamiento de Zaragoza
- Gobierno de Aragón
- Hospitales y servicios de salud privada
- Gobierno de Aragón – Departamento de Sanidad pública
- Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado
- Universidad de Zaragoza
- Centros comerciales
- Estaciones de transporte (autobuses y trenes)
- Arzobispado de Zaragoza
- Colegios privados y concertados
- Hoteles
- Entidades bancarias

### 8.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos de este sector han sido las siguientes:

- **Subsector Municipal:** engloba los servicios municipales. Son las emisiones de los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria (emisiones directas) y del consumo de electricidad (emisiones indirectas) en las instalaciones municipales con los siguientes usos: administrativo, funerario, centros cívicos, culturales, centros deportivos municipales, campos de fútbol municipales, instalaciones deportivas elementales, otras instalaciones deportivas, pabellones deportivos municipales, instalaciones educativas, instalaciones escolares, elementos monumentales y arqueológicos, espacios multiusos, instalaciones para otros usos, instalaciones sin uso, instalaciones sociales, servicios públicos (bomberos, policía local, mercados y consultorios médicos de barrios rurales), alumbrado público, contenedores soterrados, fuentes ornamentales, instalaciones de medio ambiente, otros (radares, aseos, kioscos, ascensores), parques y jardines, red semafórica, instalaciones y usos residuales, instalaciones y usos temporales, vialidad e instalaciones para potabilización de aguas.
- **Subsector Servicios:** engloba el sector terciario. Son las emisiones correspondientes a los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria (emisiones directas) y del consumo de electricidad (emisiones indirectas) en las siguientes instalaciones: campus universitarios, centros comerciales, estaciones de trenes y autobuses, centros del ejército y cuerpos y fuerzas de seguridad del estado, edificios religiosos, hospitales privados, sanidad pública, hoteles, colegios privados y concertados y entidades bancarias.

## 8.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

### Emisiones directas

Para la identificación de los factores de emisión aplicables a los consumos directos (calefacción y agua caliente sanitaria) de las diferentes instalaciones, se ha tomado como referencia:

- Las Guías del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en concreto del capítulo “Stationary combustión”, para los factores de emisión de CO<sub>2</sub>, el N<sub>2</sub>O y el CH<sub>4</sub>.
- La metodología establecida por EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el apartado de “Commercial/institutional: stationary”, código NFR 1.A.4.a.i, Type “Tier 1 emission factor”, para el resto de los gases contaminantes.

Teniendo en cuenta las fuentes anteriores, se exponen a continuación los factores de emisión utilizados para este sector:

Tabla 35. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector municipal y servicios.

FACTORES EMISIÓN SECTOR MUNICIPAL Y SERVICIOS			
Gas	Gas Natural	Gasóleo	Biomasa
CO <sub>2</sub> [kg/TJ]	56.100,00	74.100,00	112.000,00
N <sub>2</sub> O [kg/GJ]	0,10	0,60	4,00
CH <sub>4</sub> [kg/GJ]	5,00	10,00	300,00
NO <sub>x</sub> [g/GJ]	74,00	306,00	91,00
CO [g/GJ]	29,00	93,00	570,00
SO <sub>x</sub> [g/GJ]	0,67	94,00	11,00
COV [g/GJ]	NA	NA	NA
COVNM [g/GJ]	23,00	20,00	300,00
NH <sub>3</sub> [g/GJ]	NA	NE	1,00
PM <sub>2,5</sub> [g/GJ]	0,78	18,00	160,00
PM <sub>10</sub> [g/GJ]	0,78	21,00	163,00
TSP [g/GJ]	0,78	21,00	170,00
BC [% de PM <sub>2,5</sub> ]	4,00	56,00	28,00
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [g/GJ]	NA	NA	NA
Pb [mg/GJ]	0,01	8,00	27,00
Cd [mg/GJ]	9,00E-04	0,15	13,00
Hg [mg/GJ]	0,10	0,10	0,56
As [mg/GJ]	0,10	0,50	0,19
Cr [mg/GJ]	0,01	10,00	23,00
Cu [mg/GJ]	2,60E-03	3,00	6,00
Ni [mg/GJ]	0,01	125,00	2,00
Se [mg/GJ]	0,058	0,10	0,50
Zn [mg/GJ]	0,73	18,00	512,00
PCB [mg/GJ]	NA	0,13	0,06 (*)
Dioxinas [ng I-TEQ/GJ]	NA	6,00	100,00
Benzo(a)pireno [mg/GJ]	NA	1,9 (*)	10,00
Benzo(b)furano [mg/GJ]	NA	15 (*)	16,00
Benzo(k)furano [mg/GJ]	NA	1,7 (*)	5,00
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [mg/GJ]	NA	1,5 (*)	4,00
HCB [mg/GJ]	NA	0,22 (*)	5 (*)

(\*) Dato en µg/GJ.

### **Emisiones indirectas**

Para el caso concreto de emisiones indirectas, se utiliza el factor de emisión CO<sub>2</sub> asociado al mix energético español del año 2024, y que aparece descrito en el 4.METODOLOGÍA de este informe.

## **8.4 Resultados del inventario de emisiones 2024**

Para cada subsector han sido calculadas:

- Las emisiones directas generadas por los sistemas de combustión. Se calculan mediante la aplicación de los factores de emisión correspondientes para cada combustible consumido en las instalaciones (gas natural/otros combustibles gaseosos, gasóleo/otros combustibles líquidos y biomasa). Estos factores son distintos a los factores de emisión para vehículos.
- Las emisiones indirectas debidas a la energía eléctrica consumida. Se calculan mediante la aplicación de los factores de emisión correspondientes al mix energético, tal y como se explica en el apartado de “4. Metodología” de este informe. Quedan fuera de este cálculo los consumos asociados a energías renovables, ya que no llevan emisiones de gases asociadas.

Los datos de consumos necesarios para los cálculos de este informe han sido obtenidos a través de contacto directo con las entidades participantes que componen este sector.

A continuación, se muestran las emisiones calculadas, divididas en los dos subsectores de referencia (Servicios e Municipal).

### **8.4.1 Subsector Servicios**

Dentro del análisis del subsector Servicios se han incluido diferentes entidades, siguiendo la estructura establecida en los anteriores informes de emisiones del municipio de Zaragoza. Los datos recopilados y analizados son los pertenecientes al año 2024, a:

- Universidad de Zaragoza
- Centros comerciales
- Estación de trenes y autobuses
- Centros del ejército y cuerpos y fuerzas de seguridad del estado
- Edificios religiosos (Iglesias y Patrimonio)
- Hospitales privados
- Edificios e instalaciones de sanidad pública (hospitales, centros de salud, centros de especialidades y salud mental)
- Hoteles y hostales
- Colegios privados y concertados
- Entidades bancarias

En el caso de los hoteles han participado en este inventario un total de 10, frente a los 52 identificados en el municipio de Zaragoza (el 19,23% del total). Teniendo en cuenta este resultado, se ha llevado a cabo una estimación de consumos para aquellos hoteles que no han reportado datos, pero sí lo hicieron en inventarios, calculando para cada uno de ellos un consumo aproximado.

Las estimaciones se basan en el número de camas y un análisis de sus consumos anteriores, así como de las tendencias actuales de consumo en otros hoteles, en función de los periodos anuales. Del total de 71 colegios privados y concertados identificados en el municipio de Zaragoza, se han obtenido datos de 28 de ellos (39,44%). En el caso de los centros comerciales han participado en el estudio 3 de los 7 centros contactados (42,86% del total). En el subsector de entidades bancarias dos ha facilitado los datos solicitados de 9 contactadas.

La Universidad de Zaragoza ha reportado consumos para los 4 campus existentes. En el caso de estaciones de trenes y autobuses, todas ellas han proporcionado los datos de consumos solicitados. De los 8 hospitales privados contactados, 6 han facilitado la información solicitada (75%). Por su parte, los sectores sanitarios locales (Zaragoza I, Zaragoza II y Zaragoza III) han reportado todos sus consumos pertenecientes a centros de salud y hospitales.

En edificios religiosos se han reportado datos numerosas parroquias y otras instalaciones, con un volumen de información superior al del año anterior. Los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado han comunicado datos relativos a Guardia Civil y Policía Nacional. La Academia General Militar también ha participado en este estudio.

A continuación, se muestra un resumen de los consumos directos (combustibles) e indirectos (energía eléctrica) recopilados para este subsector:

*Tabla 36. Consumos del subsector servicios. Año 2024.*

CONSUMOS SERVICIOS (MWh/año)						
Instalación	Consumos directos				Consumos indirectos	
	Gas natural	Gasóleo	Otros gases combustibles	Biomasa	Consumo eléctrico de red (mix nacional)	Consumo eléctrico origen renovable
<b>Centros Comerciales</b>	2.051,80	0,00	0,00	0,00	5.841,98	4.214,63
<b>Colegios privados</b>	5.257,69	1.234,61	0,00	0,00	2.907,26	238,28
<b>Edificios Religiosos</b>	2.295,04	0,00	0,00	0,00	2.221,86	0,00
<b>Entidades Bancarias</b>	379,52	20,00	0,00	0,00	0,00	10.127,91
<b>Estación de trenes y buses</b>	2.461,32	6,85	0,00	0,00	723,70	6.884,57
<b>Hospitales privados</b>	5.551,29	17,57	0,00	430,76	11.124,00	3.652,29
<b>Hoteles</b>	4.981,62	1.155,50	0,00	0,00	9.470,47	1.609,60
<b>Militares y Cuerpos de Seguridad</b>	209,50	8.591,11	146,71	0,00	6.606,61	1.652,25
<b>Sanidad pública</b>	53.284,18	2.373,78	215,91	0,00	44.353,73	106,52
<b>Universidad</b>	13.895,79	8,00	0,00	0,00	20.257,37	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>90.367,75</b>	<b>13.407,41</b>	<b>362,62</b>	<b>430,76</b>	<b>103.506,97</b>	<b>28.486,05</b>

En el subsector Servicios, durante el año 2024 se consumieron 28.425,75 MWh de energía de origen renovable, la cual no computa a la hora de calcular gases contaminantes ya que se considera que no tiene emisiones asociadas a su generación y consumo. Esta cantidad, supone un 29,80% respecto al total de electricidad consumida, frente al 18% del inventario anterior (2023).

A partir de estos consumos, se utilizan los factores de emisión aplicables para calcular las emisiones directas e indirectas de este subsector.

Tabla 37. Emisiones directas subsector Servicios. Año 2024.

EMISIONES DIRECTAS SERVICIOS	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub>	21.773,40
CH <sub>4</sub>	2,55
N <sub>2</sub> O	0,07
NO <sub>x</sub>	38,68
CO	14,69
SO <sub>x</sub>	4,77
COV	NA
COVNM	8,82
NH <sub>3</sub>	0,00
PM <sub>2,5</sub>	1,37
PM <sub>10</sub>	1,52
TSP	1,53
BC	0,57
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,00
Pb	4,32E-04
Cd	2,77E-05
Hg	3,78E-05
As	5,66E-05
Cr	5,22E-04
Cu	1,55E-04
Ni	6,04E-03
Se	2,42E-05
Zn	1,90E-03
Dioxinas	4,45E-10
Benzo(a)pireno	1,56E-05
Benzo[b]furano	2,55E-05
Benzo[k]furano	7,84E-06
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	6,62E-06
HCB	1,84E-08
PCBs	6,27E-06
CO <sub>2</sub> eq	21.863,03

Tabla 38. Emisiones indirectas subsector Servicios. Año 2024.

EMISIONES INDIRECTAS SERVICIOS	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub>	10.412,86
CH <sub>4</sub>	IE
N <sub>2</sub> O	IE

### 8.4.2 Subsector Municipal

Dentro del análisis del Subsector “Municipal” se han incluido diferentes instalaciones y actividades, siguiendo la tendencia establecida en los anteriores informes de emisiones del municipio de Zaragoza. Los datos recopilados y analizados son los pertenecientes al año 2024 en:

- Edificios administrativos: juntas vecinales, juntas municipales, oficinas, servicios municipales, talleres y almacenes municipales.
- Funerario (servicios tanatorios, crematorios, otros)
- Centros culturales: bibliotecas y archivos, exposiciones y museos.
- Centros cívicos
- Centros deportivos municipales
- Campos de fútbol municipales
- Instalaciones deportivas elementales
- Otras instalaciones deportivas
- Pabellones deportivos municipales
- Edificios educativos y escolares: Centros de formación, escuelas infantiles, colegios de educación especial, colegios públicos de educación infantil y colegios públicos de educación primaria.
- Elementos monumentales y arqueológicos
- Edificios multiusos: aularios, cafetería-bar-restaurante, salas polivalentes, salones de actos.
- Salas con “Otros usos”
- Salas “Sin uso”
- Otras instalaciones sociales: asociaciones, casas de juventud, centros convivenciales de mayores, centros de servicios sociales, centros de tiempo libre y ludotecas.
- Contenedores soterrados
- Fuentes
- Parques y jardines
- Instalaciones de medio ambiente
- Otros (radares, aseos, kioscos y ascensores)
- Alumbrado público
- Red semafórica
- Residuales
- Temporales
- Vialidad y Potabilización del agua

La información sobre todas las instalaciones citadas anteriormente ha sido proporcionada por el Ayuntamiento de Zaragoza.

A continuación, se muestra un resumen de los consumos directos (combustibles) e indirectos (energía eléctrica) recopilados para este subsector:

Tabla 39. Consumos del subsector Municipal. Año 2024.

CONSUMOS MUNICIPAL (MWh/año)						
Instalación	Gas natural	Gasóleo	Otros gases combustibles	Biomasa	Consumo eléctrico mix	Consumo eléctrico renovable
Medio ambiente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,22
Administrativo	1.523,61	541,14	0,00	0,00	0,00	4.646,97
Alumbrado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54.053,66
Centros Cívicos	1.539,10	44,64	0,00	0,00	0,00	3.602,31
Contenedores	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,24
Cultura	795,06	0,00	0,00	0,00	0,00	3.085,41
Centros Deportivos Municipales	1.470,58	99,10	0,00	0,00	0,00	1.508,22
Campos Fútbol Municipales	1.277,14	0,00	0,00	0,00	0,00	1.930,79
Instalaciones Deportivas Elementales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,55
Otras Instalaciones Deportivas	27,40	79,28	0,00	0,00	0,00	118,06
Pabellones Deportivos Municipales	7.531,81	530,84	0,00	0,00	0,00	9.251,32
Educativos	915,54	347,87	0,00	0,00	0,00	1.200,34
Escolares	11.135,02	3.777,22	0,00	120,40	0,00	4.552,44
Fuentes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.509,99
Funerario	0,00	9,91	0,00	0,00	0,00	8,49
Elementos Monumentales y Arqueológicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Multiusos	1.197,78	0,00	0,00	0,00	0,00	1.350,00
Otros Usos	648,24	148,65	0,00	0,00	0,00	4.571,35
Otros (radares, aseos...)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Parques y Jardines	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.090,10
Residuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	177,57
Red Semafórica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.630,83
Sin Uso	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,13
Sociales	2.411,13	0,00	0,00	37,95	0,00	3.574,57
Servicios Públicos	3.727,57	9,91	0,00	0,00	0,00	13.693,53
Temporales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vialidad y Aguas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.797,23
<b>TOTAL</b>	<b>34.199,97</b>	<b>5.588,56</b>	<b>0,00</b>	<b>158,35</b>	<b>0,00</b>	<b>117.464,30</b>

Cabe destacar que los consumos de otros gases combustibles y consumo eléctrico mix son cero puesto que no se han reportado consumos en ninguno de estos combustibles.

En el subsector municipal, durante el año 2024 si se consumió energía de origen renovable, a diferencia de los años anteriores, las instalaciones municipales han consumido todas ellas energía eléctrica con garantía de origen renovable.

A partir de estos consumos, se utilizan los factores de emisión aplicables para calcular las emisiones directas e indirectas de este subsector.

*Tabla 40. Emisiones directas subsector Municipal. Año 2024.*

<b>EMISIONES DIRECTAS MUNICIPAL</b>	
<b>Gas</b>	<b>t/año</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	8.461,68
<b>CH<sub>4</sub></b>	0,99
<b>N<sub>2</sub>O</b>	0,03
<b>NO<sub>x</sub></b>	15,32
<b>CO</b>	5,77
<b>SO<sub>x</sub></b>	1,98
<b>COV</b>	NA
<b>COVNM</b>	3,41
<b>NH<sub>3</sub></b>	0,00
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	0,55
<b>PM<sub>10</sub></b>	0,61
<b>TSP</b>	0,62
<b>BC</b>	0,23
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	0,00
<b>Pb</b>	1,78E-04
<b>Cd</b>	1,05E-05
<b>Hg</b>	1,46E-05
<b>As</b>	2,25E-05
<b>Cr</b>	2,16E-04
<b>Cu</b>	6,41E-05
<b>Ni</b>	2,52E-03
<b>Se</b>	9,44E-06
<b>Zn</b>	7,44E-04
<b>Dioxinas</b>	1,78E-10
<b>Benzo(a)pireno</b>	5,74E-06
<b>Benzo[b]furano</b>	9,42E-06
<b>Benzo[k]furano</b>	2,88E-06
<b>INDENO (1,2,3-cd) PIRENO</b>	2,44E-06
<b>HCB</b>	7,28E-09
<b>PCBs</b>	2,62E-06
<b>CO<sub>2</sub> eq</b>	<b>8.496,51</b>

Tabla 41. Emisiones indirectas subsector Municipal. Año 2024.

EMISIONES INDIRECTAS MUNICIPAL	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub>	0,00
CH <sub>4</sub>	IE
N <sub>2</sub> O	IE

### 8.4.3 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En este apartado se muestra un resumen de los consumos y emisiones totales de todo el sector municipal y servicios para el año de estudio (2024), así como una comparativa con los valores de años anteriores con objeto de poder establecer tendencias que sirvan como base para potenciales mejoras. El año base de cálculo en el cual comienza el análisis de tendencias es 2005.

Se presenta en esta tabla el resumen de consumos del año 2024 para Municipal y Servicios desglosado por fuente de energía.

Tabla 42. Consumos del sector Municipal y Servicios. Año 2024.

CONSUMOS MUNICIPAL Y SERVICIOS (MWh/año)						
Subsector	Consumos Directos				Consumos Indirectos	
	Gas natural	Gasóleo	Otros gases combustibles	Biomasa	Consumo eléctrico mix	Consumo eléctrico renovable
<b>Municipal</b>	34.199,97	5.588,56	0,00	158,35	0,00	117.464,30
<b>Servicios</b>	90.367,75	13.407,41	362,62	430,76	103.506,97	28.486,05

Como se puede observar en la tabla anterior, el gas natural es el principal combustible fósil consumido en municipal y servicios para energía térmica en edificios, siendo el gasóleo el segundo más común. Respecto al resto de combustibles (otros gases combustibles y biomasa), los consumos son puntuales en algunas entidades.

En cuanto a los consumos de energía eléctrica, en el subsector Servicios predomina la electricidad procedente de la red general, aunque existe una parte del consumo que dispone de garantía de origen renovable o se ha generado en plantas de autoconsumo renovable. Mientras que en el subsector Municipal el consumo eléctrico corresponde íntegramente a electricidad con garantía de origen renovable.

Si desagregamos los datos por subsectores, se observa que el subsector Municipal presenta una gran diferencia entre consumo directo e indirecto, siendo este último el mayoritario (supone aproximadamente un 74,62% del total de consumo de municipal). Esto es posiblemente debido a que una parte de las instalaciones municipales, como pueden ser algunas destinadas al deporte o exteriores, no precisan o no disponen de sistema de calefacción, y por tanto no suman consumos térmicos. Cabe añadir que la electricidad consumida en este subsector procede de garantías de origen renovable, lo que explica el peso del consumo indirecto y contribuye a la reducción de las emisiones asociadas.

Por otro lado, el subsector servicios tiene una relación muy equilibrada entre consumo directo e indirecto, el consumo directo representa un 44,20% y el consumo indirecto un 55,80%.

En función de los consumos anteriores y los factores de emisión aplicables a cada uno de los combustibles utilizados, se presentan a continuación los datos de emisiones para el sector de Municipal y Servicios, para los gases considerados en este estudio:

Tabla 43. Emisiones directas sector Municipal y Servicios. Año 2024.

EMISIONES DIRECTAS MUNICIPAL Y SERVICIOS	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub>	30.235,07
CH <sub>4</sub>	3,54
N <sub>2</sub> O	0,09
NO <sub>x</sub>	54,00
CO	20,46
SO <sub>x</sub>	6,75
COV	NA
COVNM	12,22
NH <sub>3</sub>	0,00
PM <sub>2,5</sub>	1,92
PM <sub>10</sub>	2,13
TSP	2,14
BC	0,80
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,00
Pb	6,09E-04
Cd	3,82E-05
Hg	5,25E-05
As	7,90E-05
Cr	7,38E-04
Cu	2,19E-04
Ni	8,56E-03
Se	3,37E-05
Zn	2,64E-03
Dioxinas	6,22E-10
Benzo(a)pireno	2,13E-05
Benzo[b]furano	3,50E-05
Benzo[k]furano	1,07E-05
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	9,07E-06
HCB	2,56E-08
PCBs	8,89E-06
<b>CO<sub>2</sub> eq</b>	<b>30.359,54</b>

Como se puede observar, el gas mayoritario dentro de las emisiones directas es el CO<sub>2</sub>, seguido de NO<sub>x</sub> y CO.

Tabla 44. Emisiones indirectas sector Municipal y Servicios. Año 2024.

EMISIONES INDIRECTAS MUNICIPAL Y SERVICIOS	
Gas	t/año
<b>CO<sub>2</sub> eq</b>	10.412,86
<b>CH<sub>4</sub></b>	IE
<b>N<sub>2</sub>O</b>	IE

Para las emisiones indirectas, y según la metodología establecida para este estudio, únicamente se mide el CO<sub>2</sub> eq ya que el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O están incluidos en el primero.

Se muestra a continuación una tabla con los valores de emisiones para CO<sub>2</sub> eq en el sector Municipal y Servicios en los diferentes años en los que se ha calculado este inventario de emisiones. Los resultados se muestran como datos anuales, tanto para consumos como para emisiones.

Se muestra también la variación de emisiones desde el año base para este inventario (2005).

Tabla 45. Tendencias de emisiones y consumos en el sector Municipal y Servicios. Años 2005-2024.

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR MUNICIPAL Y SERVICIOS (2005-2024)			
Año	Consumo total [MWh/año]	Total emisiones CO <sub>2</sub> eq [t/año]	Variación de emisiones CO <sub>2</sub> con respecto al 2005 [%]
<b>2005</b>	582.662,12	208.415,37	0,00%
<b>2015</b>	567.879,00	140.742,89	-32,00%
<b>2019</b>	472.693,36	66.343,66	-68,00%
<b>2021</b>	526.577,27	80.955,53	-61,00%
<b>2023</b>	464.973,74	69.411,52	-66,70%
<b>2024</b>	393.972,74	40.772,41	-80,44%

Como se puede observar, el consumo disminuye respecto al inventario anterior en más de 71.001,00 MWh, lo que puede estar desencadenado por varias causas (descenso del consumo, aumento de la eficiencia energética, reporte de datos de menos instalaciones, etc.). Analizando la tendencia de los últimos años, en 2024 continua el descenso que se venía experimentando desde 2005 y que aumentó puntualmente en 2021.

Por otro lado, las emisiones totales también han descendido, siguiendo con la tendencia de reducción que habían adoptado desde 2005, exceptuando el aumento puntual de 2021. Respecto a los datos del año base, esta reducción supone un descenso de las emisiones del 41,26% respecto al inventario anterior (2023), y un 80,40% respecto al año base. Este descenso tan pronunciado se debe, en gran medida, a la adquisición de garantías de origen renovable para el suministro eléctrico, lo que ha reducido significativamente las emisiones asociadas al consumo de electricidad.

Los mismos datos se muestran también en formato gráfico para facilitar la visualización de las tendencias adquiridas en consumos y emisiones dentro del sector.

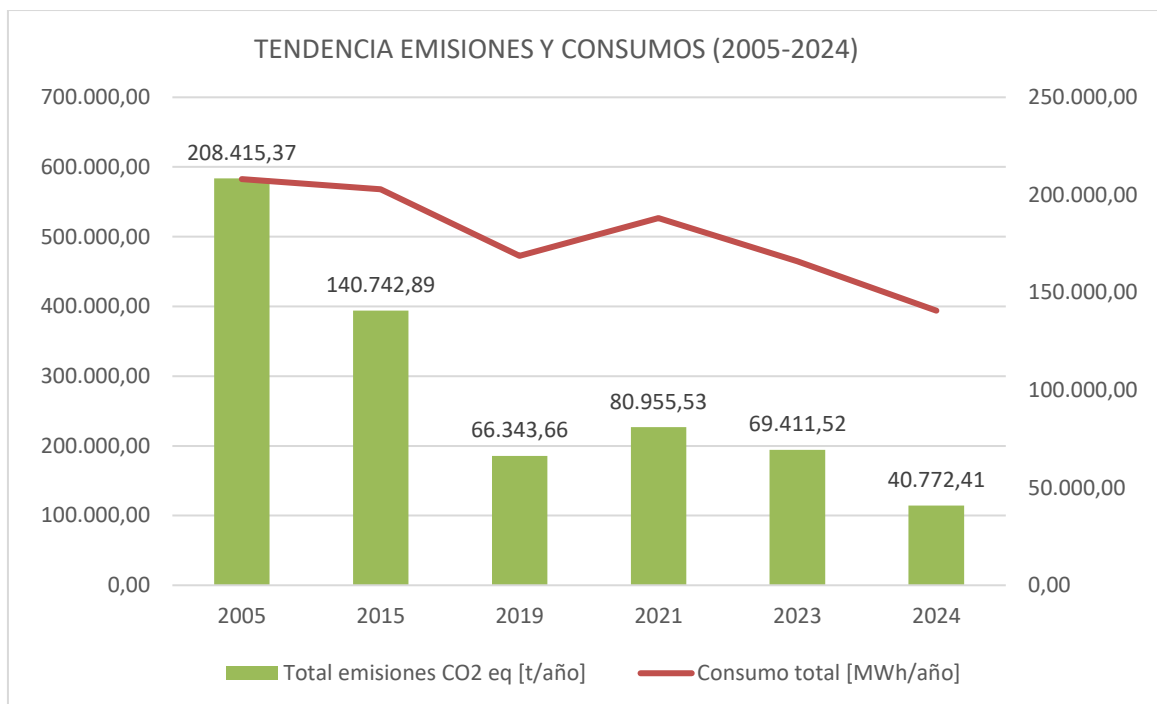


Figura 9. Tendencia de emisiones y consumos del sector Municipal y Servicios. Años 2005-2024.

A modo de resumen del sector, se puede resaltar que tanto los consumos totales como las emisiones han experimentado un descenso en el año 2024, continuando la tendencia de reducción global que venía desde el 2005. En general, se ha conseguido una reducción de emisiones del 41,26% respecto al inventario anterior (2023), y un 80,44% respecto al año base. En el sector servicios la energía térmica y eléctrica están muy equiparadas en cuanto a consumos y emisiones, mientras que el sector municipal tiene una mayor carga de consumo eléctrico que térmico.

## 9. EMISIONES SECTOR INDUSTRIAL

### 9.1 Organismos participantes

- Sector industria:
  - Cada una de las industrias incluidas en el alcance de este informe.

### 9.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos del sector Industrial han sido las siguientes:

- **Industrial:** correspondiente a las emisiones directas e indirectas de las industrias, derivadas del consumo de energía y de los procesos que en ellas tienen lugar. Han sido consideradas dentro del estudio industrias afectadas por la normativa de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC), grandes industrias y otras presentes en MERCAZARAGOZA.

Según las industrias participantes en el estudio, se reportan los datos desglosados por los sectores a los que pertenecen, que son: Alimentación y bebidas, productos metálicos y siderurgia, electrónica, papel y productos del papel, industria química, industria del vidrio y otros sectores (donde se contemplan industrias que no pertenecen al resto de categorías).

### 9.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

#### Emisiones directas

Para la identificación de los factores de emisión aplicables se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el sector de "Manufacturing industries and construction (combustion), código NFR 1.A.2, Type "Tier 1 emission factor". Los factores de emisión para gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>) han sido extraídos de las Guías del IPCC, en concreto del capítulo 2 "Stationary combustion", tabla 2.3 "Default emission factors for stationary combustion in manufacturing industries and construction".

Teniendo en cuenta las fuentes anteriores, se exponen a continuación los factores de emisión utilizados para este sector:

Tabla 46. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector industrial.

FACTORES EMISIÓN SECTOR INDUSTRIAL			
Gas	Gas Natural	Gasóleo	Biomasa
CO <sub>2</sub> [g/GJ]	56.100,00	74.100,00	112.000,00
N <sub>2</sub> O [g/GJ]	0,10	0,60	4,00
CH <sub>4</sub> [g/GJ]	1,00	3,00	30,00
NO <sub>x</sub> [g/GJ]	74,00	513,00	91,00
CO [g/GJ]	29,00	66,00	570,00
SO <sub>x</sub> [g/GJ]	0,67	47,00	11,00
COV [g/GJ]	NA	NA	NA
COVNM [g/GJ]	23,00	25,00	300,00
NH <sub>3</sub> [g/GJ]	NE	0,00	1,20
PM <sub>2,5</sub> [g/GJ]	0,78	20,00	143,00
PM <sub>10</sub> [g/GJ]	0,78	20,00	150,00
TSP [g/GJ]	0,78	20,00	150,00
BC [% de PM <sub>2,5</sub> ]	4,00	56,00	28,00
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [g/GJ]	NE	NE	NE
Pb [mg/GJ]	0,01	0,08	27,00
Cd [mg/GJ]	0,00	0,01	13,00
Hg [mg/GJ]	0,54	0,12	0,56
As [mg/GJ]	0,10	0,03	0,19
Cr [mg/GJ]	0,01	0,20	23,00
Cu [mg/GJ]	0,00	0,22	6,00
Ni [mg/GJ]	0,01	0,01	2,00
Se [mg/GJ]	0,06	0,11	0,50
Zn [mg/GJ]	0,73	29,00	512,00
PCDD/F [mg/GJ]	0,52	1,40	100,00
Benzo(a)pyrene [mg/GJ]	0,72 (*)	1,90	10,00
Benzo(b)fluoranthene [mg/GJ]	2,90 (*)	15,00	16,00
Benzo(k)fluoranthene	1,10 (*)	1,70	5,00
Indeno(1,2,3-cd)pyrene [mg/GJ]	1,08 (*)	1,50	4,00
HCB [µg/GJ]	NA	NA	NA
PCBs [µg/GJ]	NE	NE	0,06

(\*) Dato en µg/GJ.

### Emisiones indirectas

Para el caso concreto de emisiones indirectas, se utiliza el factor de emisión CO<sub>2</sub> asociado al mix energético español del año 2024, y que aparece descrito en el 4.METODOLOGÍA de este informe.

## 9.4 Resultados del inventario de emisiones 2024

Para el sector industrial, se ha seguido una metodología similar a la utilizada en el resto de los sectores, es decir, se calculan las emisiones mediante aplicación de factores de emisión dependiendo de los consumos reportados por las industrias participantes. Para definir el alcance, se solicitaron datos a empresas situadas en los diferentes polígonos industriales incluidos en el término municipal: El Portazgo, Europa, Vista Bella, El Olivar, Argualas, El Greco, La Unión y Montemolín, Alcalde Caballero, Cogullada, El Pilar, Valseca, Molino del Pilar, Malpica,

Mercazaragoza, Montañana, Las Ventas, PLA-ZA, Casetas, Empresarium, Insider, PTR, PRYDES, SAICA, TEREOS, San Valero, Tecnum, Miraflores, Puerta Norte y Ciudad del Transporte.

A continuación, se muestra un resumen de los consumos directos (combustibles) e indirectos (energía eléctrica) recopilados para este sector.

*Tabla 47. Consumos del sector industrial. Año 2024*

CONSUMOS SECTOR INDUSTRIAL (MWh/año)						
Instalación	Consumos directos				Consumos indirectos	
	Gas natural	Gasóleo	Otros gases combustibles	Biomasa	Consumo eléctrico de red (mix nacional)	Consumo eléctrico origen renovable
<b>Alimentación y bebidas</b>	459.889,80	9.140,85	0,00	0,00	137.840,87	5.361,62
<b>Productos metálicos y siderurgia</b>	239.089,82	882,46	0,00	0,00	341.825,28	15.618,12
<b>Electrónica</b>	38.387,50	89,93	0,00	0,00	16.983,95	31.660,20
<b>Papel y productos de papel</b>	1.419.140,00	4.003,65	0,00	0,00	242.044,30	0,00
<b>Industria química</b>	442.782,15	15.939,83	0,00	0,00	9.786,28	96.885,79
<b>Vidrio</b>	217.036,49	86,36	0,00	0,00	0,00	54.789,00
<b>Otros sectores</b>	11.789,10	14.531,58	0,00	0,00	29.152,98	4.319,51

A partir de estos consumos, se utilizan los factores de emisión aplicables para calcular las emisiones directas e indirectas de este sector.

Tabla 48. Emisiones directas sector industrial. Año 2024.

EMISIONES DIRECTAS SECTOR INDUSTRIAL (t/año)								
Gas	Alimentación y bebidas	Productos metálicos y siderurgia	Electrónica	Papel y productos de papel	Industria química	Vidrio	Otros sectores	Totales
CO <sub>2</sub>	95.317,76	48.521,99	7.776,73	332.520,63	93.676,44	43.858,96	6.257,37	627.929,87
CH <sub>4</sub>	1,75	0,87	0,14	17,16	1,77	0,78	0,20	22,68
N <sub>2</sub> O	0,19	0,09	0,01	2,12	0,19	0,08	0,04	2,72
NO <sub>x</sub>	139,40	65,32	10,39	421,89	147,39	57,98	29,98	872,35
CO	50,18	25,17	4,03	377,33	50,01	22,70	4,68	534,11
SO <sub>x</sub>	2,66	0,73	0,11	8,50	3,77	0,54	2,49	18,78
COV	37,15	19,01	3,05	220,82	36,33	17,20	2,08	335,64
COVNM	38,90	19,88	3,19	237,98	38,10	17,99	2,28	358,31
NH <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,48
PM <sub>2,5</sub>	1,95	0,73	0,11	61,53	2,39	0,62	1,08	68,42
PM <sub>10</sub>	1,95	0,73	0,11	64,33	2,39	0,62	1,08	71,22
TSP	1,95	0,73	0,11	64,33	2,39	0,62	1,08	71,22
BC	0,42	0,06	0,01	16,35	0,69	0,03	0,59	18,15
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	2,08E-05	9,72E-06	1,55E-06	1,09E-02	2,21E-05	9,40E-06	4,65E-06	1,09E-02
Cd	1,69E-06	7,94E-07	1,26E-07	5,21E-03	1,78E-06	1,08E-06	3,52E-07	5,22E-03
Hg	8,98E-04	4,65E-04	7,47E-05	2,98E-03	8,68E-04	4,22E-04	2,92E-05	5,74E-03
As	1,67E-04	8,62E-05	1,38E-05	5,87E-04	1,61E-04	7,81E-05	5,81E-06	1,10E-03
Cr	2,81E-05	1,18E-05	1,86E-06	9,28E-03	3,22E-05	1,09E-05	1,10E-05	9,37E-03
Cu	1,15E-05	2,94E-06	4,31E-07	2,42E-03	1,68E-05	2,27E-06	1,16E-05	2,46E-03
Ni	2,18E-05	1,12E-05	1,80E-06	8,67E-04	2,12E-05	1,02E-05	9,70E-07	9,34E-04
Se	9,96E-05	5,03E-05	8,05E-06	4,98E-04	9,88E-05	4,54E-05	8,22E-06	8,08E-04
Zn	2,16E-03	7,20E-04	1,10E-04	2,09E-01	2,83E-03	5,94E-04	1,55E-03	0,22
Dioxinas	4,61E-11	4,45E-12	4,53E-13	4,01E-08	8,03E-11	3,32E-12	7,32E-11	4,03E-08
Benzo(a)pireno	6,25E-05	6,04E-06	6,15E-07	4,03E-03	1,09E-04	8,80E-07	9,94E-05	4,31E-03
Benzo[b]furano	4,94E-04	4,77E-05	4,86E-06	6,62E-03	8,61E-04	5,13E-06	7,85E-04	8,82E-03
Benzo[k]furano	5,59E-05	5,40E-06	5,50E-07	2,03E-03	9,76E-05	6,73E-07	8,89E-05	2,28E-03
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	4,94E-05	4,77E-06	4,86E-07	1,62E-03	8,61E-05	5,82E-07	7,85E-05	1,84E-03
PAH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HCB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PCBs	4,61E-11	4,45E-12	4,53E-13	4,01E-08	8,03E-11	3,32E-12	7,32E-11	4,03E-08
Total POPs	6,61E-04	6,39E-05	6,51E-06	1,43E-02	1,15E-03	7,26E-06	1,05E-03	1,72E-02
TOTAL Metales Pesados	3,41E-03	1,36E-03	2,13E-04	0,24	4,05E-03	1,17E-03	1,62E-03	0,25
CO <sub>2</sub> eq	<b>95.417,29</b>	<b>48.570,28</b>	<b>7.784,44</b>	<b>333.578,55</b>	<b>93.778,63</b>	<b>43.902,22</b>	<b>6.272,66</b>	<b>629.304,07</b>

La tabla muestra que el sector con mayor impacto en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>, el principal gas de efecto invernadero, es el de Papel y productos de papel, con 332.520,63 toneladas anuales, seguido de Alimentación y bebidas (95.317,76 t) y la Industria química (93.376,44 t). Esto refleja la alta intensidad energética y las características de los procesos productivos en estos sectores.

Por otro lado, en términos de gases contaminantes como NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>, el sector Papel y productos de papel también lidera con las mayores emisiones, siendo particularmente significativo en emisiones de NO<sub>x</sub> (421,89 t). En cuanto a metales pesados y contaminantes persistentes, los valores son notablemente bajos pero no menos importantes, ya que incluso concentraciones pequeñas pueden tener impactos ambientales significativos. En total, las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente suman 629.304,07 t/año. Este análisis resalta la necesidad de priorizar estrategias de mitigación de emisiones en estos sectores clave, enfocándose en tecnologías limpias, eficiencia energética y procesos más sostenibles.

Tabla 49. Emisiones indirectas industriales, año 2024.

EMISIONES INDIRECTAS SECTOR INDUSTRIAL	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub>	93.316,04
CH <sub>4</sub>	IE
N <sub>2</sub> O	IE

### 9.4.1 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En este apartado se muestra un resumen de los consumos y emisiones totales de todo el sector industrial para el año de estudio (2024), así como una comparativa con los valores de años anteriores con objeto de poder establecer tendencias que sirvan como base para potenciales mejoras. El año base de cálculo en el cual comienza el análisis de tendencias es 2005.

Tabla 50. Tendencias de emisiones y consumos en el sector industrial. Años 2005-2024.

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR INDUSTRIAL (2005-2024)			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO <sub>2</sub> eq totales [t/año]	Variación de emisiones CO <sub>2</sub> con respecto al 2005 [%]
2005	4.132.028,89	949.531,00	-
2015	4.399.896,31	1.136.874,00	19,73%
2019	4.681.971,17	937.045,78	-1,31%
2021	4.336.790,28	839.295,67	-11,61%
2023	4.182.310,45	741.907,43	-21,87%
2024	3.859.057,42	721.847,72	-23,98%

La evolución observada entre 2005 y 2024 evidencia una tendencia sostenida a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, especialmente a partir de 2019, pese a las variaciones en el consumo energético total. En 2024, las emisiones disminuyen hasta 721.847,72 t/año, lo que representa una reducción del 23,98% respecto al año base, acompañada de un descenso del consumo energético.

Este comportamiento sugiere una consolidación de la eficiencia energética en el sector industrial, junto con una mayor incorporación de fuentes energéticas menos intensivas en carbono y la continuidad de medidas de mitigación implementadas en años anteriores. En conjunto, los datos reflejan un avance progresivo hacia una menor intensidad de emisiones por unidad de energía consumida.

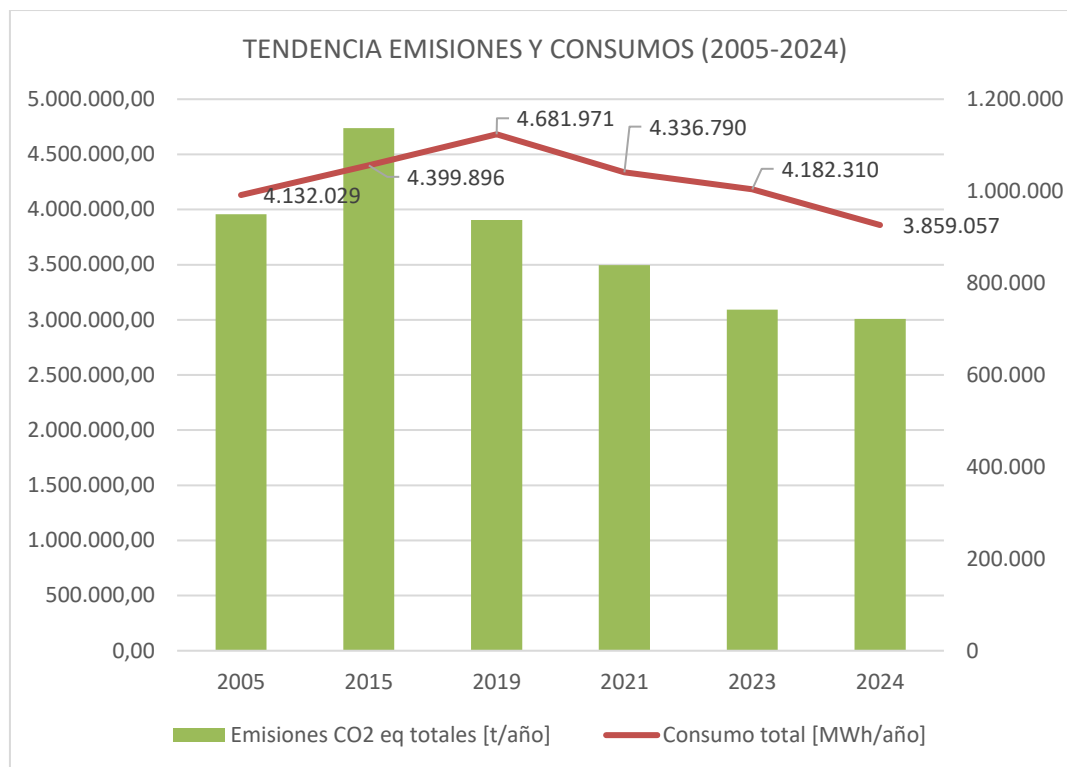


Figura 10. Tendencia de emisiones y consumos del sector industrial. Años 2005-2024.

La figura muestra una tendencia clara hacia la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente desde 2005, con un descenso especialmente marcado en los últimos años. Entre 2019 y 2024, las emisiones se reducen de 937.045,78 t/año a 721.847,72 t/año, lo que representa una disminución del 23,98% respecto al año base.

Aunque el consumo energético total ha presentado fluctuaciones a lo largo del periodo analizado, en 2024 se consolida una reducción significativa (3.859.057,42 MWh/año), confirmando la tendencia descendente observada desde 2019.

En conjunto, los resultados apuntan a un proceso de desacoplamiento cada vez más evidente entre el consumo energético y las emisiones, atribuible a la mejora de la eficiencia energética, la incorporación de tecnologías más limpias y el uso creciente de fuentes energéticas con menor intensidad de carbono.

## 10. EMISIONES IPPU Y GASES FLUORADOS

### 10.1 Organismos participantes

- Sector industria:
  - Cada una de las industrias incluidas en el alcance de este informe.

### 10.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de este sector han sido las siguientes:

- Emisiones directas procedentes de los propios **procesos industriales y el uso de productos**.
- Emisiones directas de las **pérdidas de gases refrigerantes**.

Estas emisiones son ajenas a los consumos de energía del sector industrial, los cuales se contemplan en el apartado 9 de este informe.

Han sido consideradas en este apartado las industrias afectadas por la normativa de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC), las grandes industrias de Zaragoza e industrias presentes en MERCAZARAGOZA, si bien no todas ellas han participado en el estudio.

### 10.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

#### Emisiones directas

Para la identificación de todos los factores de emisión aplicables se ha recurrido a las siguientes fuentes como referencia:

- La EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, 2. Industrial processes and product use.
  - 2.A.3 Glass production
  - 2.C Metal production
  - 2.H.1 Pulp and paper industry
  - 2. H.2 Food and beverages industry
  - 2. D-2. L Other solvent and product use
- Las Guía del IPCC del volumen 3 “Industrial Processes and Product Use”.
  - Chapter 2: Mineral Industry Emissions
  - Chapter 4: Metal Industry Emissions
- Potenciales de Calentamiento Atmosférico (PCA) de los diferentes gases obtenidos del registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono del MITECO.

Tabla 51. PCA de gases refrigerantes.

POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL DE GASES REFRIGERANTES	
Gases refrigerantes	PCA (t CO <sub>2</sub> /t de gas)
HFC-23	14.600
HFC-32	771
HFC-41	135
HFC-125	3.740
HFC-134	1.260
HFC-134a	1.530
HFC-143	364
HFC-143a	5.810
HFC-152	21,5
HFC-152a	164
HFC-161	4,84
HFC-227ea	3.600
HFC-236cb	1.350
HFC-236ea	1.500
HFC-236fa	8.690
HFC-245ca	787
HFC-245fa	962
HFC-365mfc	914
HFC-43-10mee	1.600
R-404A	1.960
R-407A	4.728
R-407B	2.262
R-407C	3.001
R-407F	1.908
R-410A	1.965
R-410B	2.256
R-413A	2.404
R-417A	2.183
R-417B	2.508
R-422A	3.235
R-422D	3.359
R-424A	2.917
R-426A	2.608
R-427A	1.614
R-428A	2.397
R-434A	4.061
R-437A	3.654
R-438A	1.930
R-442A	2.425
R-449A	2.042
R-452A	1.504
R-453A	2.292
R-507A	1.905
R717 NH <sub>3</sub>	4.775
R32	0
R134	675
R134a	1425
R409a	1430
R22	1585

<b>R427</b>	1810
<b>RS70</b>	2024
<b>RS50</b>	1775
<b>R 401-C</b>	1888
<b>R 410-A</b>	933

Hay que destacar que no se han empleado todos los factores de emisión presentes en estas fuentes, sino solamente aquellos aplicables a las actividades y consumos de las industrias que han reportado los datos.

#### **Emisiones indirectas**

No es aplicable el cálculo de emisiones indirectas en este sector.

### **10.4 Resultados del inventario de emisiones 2024**

Para obtener las emisiones de los IPPU y los gases fluorados, se ha seguido una metodología similar a la utilizada en el resto de los sectores, es decir, se calculan las emisiones mediante aplicación de factores de emisión dependiendo de los consumos reportados por las industrias participantes. Para definir el alcance, se solicitaron datos a las empresas situadas en los diferentes polígonos industriales incluidos en el término municipal: El Portazgo, Europa, Vista Bella, El Olivar, Argualas, El Greco, La Unión y Montemolín, Alcalde Caballero, Cogullada, , El Pilar, Valseca, Molino del Pilar, Malpica, Mercazaragoza, Montañana, Las Ventas, PLA-ZA, Casetas, Empresarium, Insider, PTR, PRYDES, SAICA, TEREOS, San Valero, Tecnum, Miraflores, Puerta Norte y Ciudad del Transporte.

A continuación, se muestran las emisiones directas calculadas para IPPU:

Tabla 52. Emisiones directas sector IPPU y gases fluorados. Año 2024.

EMISIONES DIRECTAS IPPU Y GASES FLUORADOS		
Gas	IPPU t/año	Gases Fluorados t/año
CO <sub>2</sub>	51.937,19	1.787,95
CH <sub>4</sub>	0,00	NA
N <sub>2</sub> O	0,00	NA
NO <sub>x</sub>	249,90	NA
CO	1.929,08	NA
SO <sub>x</sub>	387,17	NA
COV	NA	NA
COVNM	1.794,42	NA
NH <sub>3</sub>	0,00	NA
PM <sub>2,5</sub>	158,89	NA
PM <sub>10</sub>	201,52	NA
TSP	245,83	NA
BC	6,92	NA
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,00	NA
Pb	2,01	NA
Cd	0,14	NA
Hg	0,03	NA
As	0,06	NA
Cr	0,13	NA
Cu	0,01	NA
Ni	0,44	NA
Se	0,28	NA
Zn	2,03	NA
Dioxinas	1,69E-06	NA
Benzo(a)pireno	-	NA
Benzo[b]furano	-	NA
Benzo[k]furano	-	NA
INDENO (1,2,3-cd)	-	NA
PIRENO	-	NA
PAH	0,27	NA
HCB	-	NA
PCBs	1,41E-03	NA
Total POPs	0,27	NA
<b>CO<sub>2</sub> eq</b>	<b>53.725,14</b>	

#### 10.4.1 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En este apartado se muestra un resumen de las emisiones totales de todo el sector para el año de estudio (2024), así como una comparativa con los valores de años anteriores con objeto de poder establecer tendencias que sirvan como base para potenciales mejoras. El año base de cálculo en el cual comienza el análisis de tendencias es 2019.

Tabla 53. Tendencias de emisiones y consumos en el sector IPPU y gases fluorados. Años 2019- 2024.

TENDENCIAS EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR IPPU Y GASES FLUORADOS (2019-2024)			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO <sub>2</sub> eq totales [t/año]	Variación de emisiones CO <sub>2</sub> con respecto al 2019 [%]
<b>2019</b>	-	17.196,92	-
<b>2021</b>	-	12.433,73	-27,70%
<b>2023</b>	-	52.012,04	318,31%
<b>2024</b>	-	53.725,14	332,09%

En 2019, las emisiones totales fueron de 17.196,92 t/año. En 2021 se observa una reducción significativa del 27,70%, alcanzando las 12.433,73 t/año. No obstante, en 2023 las emisiones se incrementaron de forma muy pronunciada hasta 52.012,04 t/año, y en 2024 continuaron al alza, llegando a 53.725,14 t/año, lo que supone un aumento del 332,09% respecto a 2019.

Este comportamiento responde principalmente al incremento en el número de industrias que reportaron datos durante los últimos dos años, así como a la naturaleza de las actividades incluidas, algunas de las cuales presentan un consumo elevado de gases refrigerantes con alto potencial de calentamiento global.

En consecuencia, los resultados del sector IPPU muestran una alta sensibilidad al volumen y tipo de empresas declarantes, lo que puede provocar variaciones significativas entre años. Aun así, el aumento sostenido de las emisiones en 2023 y 2024 pone de manifiesto la necesidad de reforzar el control sobre los procesos industriales emisores de gases fluorados y fomentar la adopción de alternativas tecnológicamente más limpias y de menor impacto ambiental.

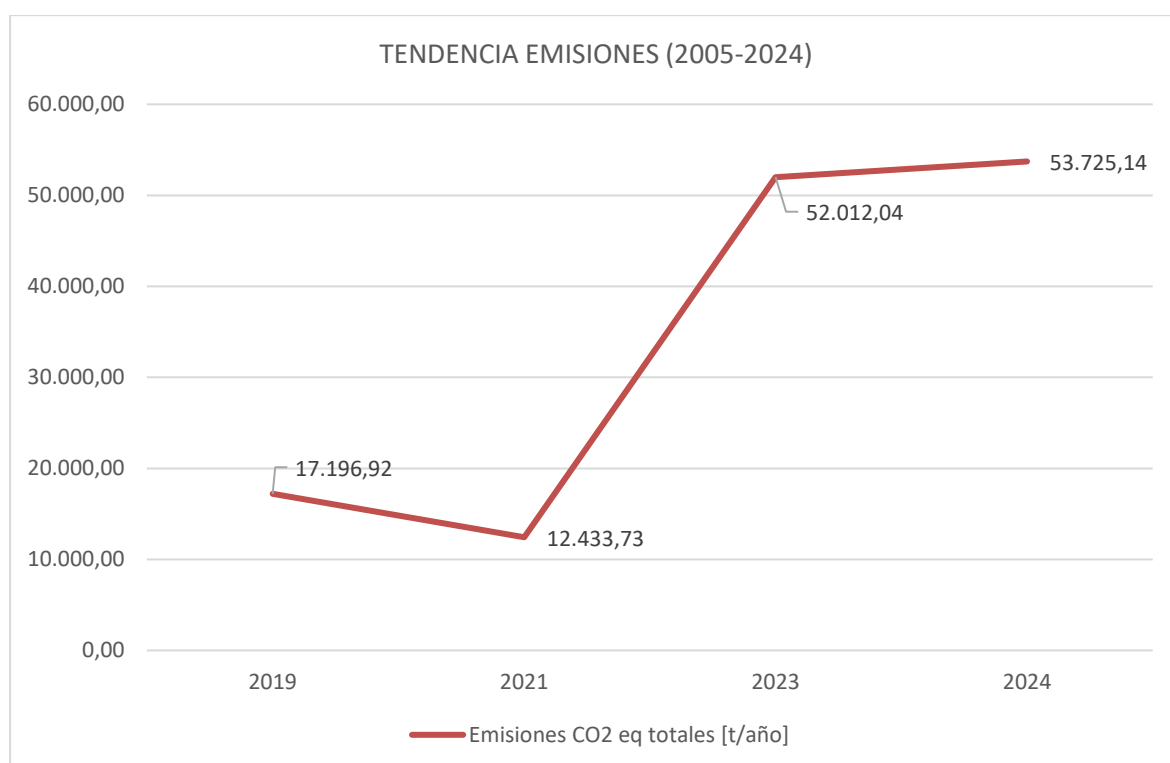


Figura 11. Tendencia de emisiones y consumos del sector IPPU. Años 2005-2024.

Al contarse únicamente con datos de cuatro inventarios, todavía no es posible definir una tendencia consolidada sobre la evolución de las emisiones en este sector. Las variaciones observadas dependen en gran medida del número y la tipología de las empresas que reportan información en cada periodo, por lo que los resultados deben interpretarse con cautela hasta contar con una serie temporal más amplia y representativa.

## 11. EMISIONES SECTOR RESIDUOS

### 11.1 Organismos participantes

Sector Residuos:

- Ayuntamiento de Zaragoza
- Ecociudad Zaragoza S.A.U. (en adelante, Ecociudad)
- Servicios Funerarios de Torrero S.A. (en adelante, SERFUTOSA)
- SERVICIOS ESPECIALES, S.A.U. (en adelante, SERVISA)

Gestores de residuos, considerados de interés, que no se incluían anteriormente:

- Rem Iberica S.L.
- Casalé Gestión de Residuos S.L.
- Acteco Productos y Servicios S.L.
- Adiego Hnos., S.A.
- RINZA S.A

### 11.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos de este sector han sido las siguientes:

- Emisiones directas generadas por la cremación de cuerpos en el Cementerio Municipal de Torrero (SERFUTOSA) y en SERVISA, así como la cremación de animales realizada en el CTRUZ. Las emisiones son debidas tanto a la combustión de gas natural empleado en los hornos de cremación, como al propio proceso de cremación.
- Tratamiento de aguas residuales de las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) de La Cartuja, La Almozara y La Alfocea; Incineración de lodos en la EDAR La Cartuja;
- Vertederos controlados del CTRUZ. Las emisiones generadas en vertedero son CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O. En el caso de la digestión anaerobia de residuos, el principal contaminante es el metano (CH<sub>4</sub>). El metano producido en los vertederos de Zaragoza actualmente es quemado en una antorcha.
- Gestores de residuos: Rem ibérica, Casalé, Acteco, Adiego Hnos. y RINZA.

Una vez se ha contactado con todos los agentes involucrados en el reporte de datos, se han recopilado los parámetros necesarios para los cálculos, que se detallan a continuación:

Tabla 54. Información solicitada para calcular las emisiones del sector residuos.

Subsector	INFORMACIÓN SOLICITADA
Cremaciones	Consumo de gas natural electricidad de SERVISA y SERFUTOSA.
	Cuerpos cremados totales en 2024: 3.743 en SERFUTOSA, 1.124 en SERVISA.
	En el caso de la cremación de animales, el CTRUZ no ha proporcionado datos de las cremaciones realizadas, sino de las emisiones totales ya que dispone de cálculos internos.
Incineración de lodos	Cantidad anual de lodos incinerados en EDAR La Cartuja: 78.945,83 t (lodos húmedos).
Tratamiento de aguas residuales	Cantidad de agua residual tratada anual (en m <sup>3</sup> ): 6.900,11 m <sup>3</sup> en EDAR Alfocea, 12.886.099 m <sup>3</sup> en EDAR Almozara y 57.262.000 m <sup>3</sup> en EDAR Cartuja.
Vertederos	Cantidad anual de biogás quemado en antorcha: 3.964.919 kWh/año
	Cantidades de combustibles fósiles consumidas: el gas natural consumido en el 2024 fue de 228.290 kWh (gas natural).
	Consumo de electricidad: 9.630.479 kWh, 100 % renovable y con GDO.

## 11.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

### Emisiones directas

A continuación, se detallan los factores de emisión utilizados en función del tipo de instalación:

#### - Cremaciones

Para la identificación de los factores de emisión aplicables se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el apartado de “Commercial/institutional: stationary”, código NFR 1.A.4.a.i, Type “Tier 1 emission factor”, para el caso del gas natural, las Guías del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en concreto del capítulo “Stationary combustión”, para los factores de emisión de CO<sub>2</sub>, el N<sub>2</sub>O y el CH<sub>4</sub> y la Ficha del EMEP/EEA 2023 código NFR 5.c.1.b.i.v, para la incineración de cuerpos.

#### - Incineración de lodos

Para la identificación de los factores de emisión aplicables se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el apartado de “Sewage sludge incineration”, código NFR 5.C.1.b.i.v, Table 3-2, Type “Tier 2 emission factor”.

#### - Tratamiento de aguas

Para la identificación de los factores de emisión aplicables se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el apartado de “Commercial/institutional: stationary”, código NFR 1.A.4.a.i, Type “Tier 1 emission factor” para el caso de las emisiones de incineración del biogás, las Guías del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en concreto del capítulo “Stationary combustión”, para los factores de emisión de CO<sub>2</sub>, el N<sub>2</sub>O y el CH<sub>4</sub> y la Ficha 5.d del EMEP/EEA, para el caso de las emisiones de tratamiento de aguas.

#### - Vertederos

Para la identificación de los factores de emisión aplicables se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, concretamente el apartado de

“Commercial/institutional: stationary”, código NFR 1.A.4.a.i, Type “Tier 1 emission factor” para el caso de las emisiones de gas natural, diésel y biogás, las Guías del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en concreto del capítulo “Stationary combustión”, para los factores de emisión de CO<sub>2</sub>, el N<sub>2</sub>O y el CH<sub>4</sub>.

Tabla 55. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residuos (combustibles fósiles).

FACTORES EMISIÓN SECTOR RESIDUOS – COMBUSTIBLES FÓSILES		
Contaminante	Gas natural y biogás	Diesel
CO <sub>2</sub> [g/GJ]	56.100,00	74.100,00
CH <sub>4</sub> [g/GJ]	5,00	300,00
N <sub>2</sub> O [g/GJ]	0,10	4,00
NO <sub>x</sub> [g/GJ]	74,00	306,00
CO [g/GJ]	29,00	93,00
SO <sub>x</sub> [g/GJ]	0,67	94,00
COVNM [g/GJ]	23,00	20,00
NH <sub>3</sub> [g/GJ]	NE	NE
PM <sub>2,5</sub> [g/GJ]	0,78	18,00
PM <sub>10</sub> [g/GJ]	0,78	21,00
TSP [g/GJ]	0,78	21,00
BC [% de PM <sub>2,5</sub> ]	4,00	56,00
Pb [mg/GJ]	0,01	8,00
Cd [mg/GJ]	9,00E-04	0,15
Hg [mg/GJ]	0,10	0,10
As [mg/GJ]	0,10	0,50
Cr [mg/GJ]	0,01	10,00
Cu [mg/GJ]	2,60E-03	3,00
Ni [mg/GJ]	0,01	125,00
Se [mg/GJ]	0,06	0,10
Zn [mg/GJ]	0,73	18,00
Benzo(a)pireno [µg/GJ]	0,72	1,90
Benzo(b)furano [µg/GJ]	2,90	15,00
Benzo(k)furano [µg/GJ]	1,10	1,70
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [µg/GJ]	1,08	1,50
PCDD/F (g I-TEQ/GJ)	5,20E-10	6,00E-09
HCB [g/GJ]	NA	1,30E-07
PCBs [g/GJ]	NA	2,20E-07
Total POPs	NA	NA

Tabla 56. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el sector residuos (no combustibles fósiles).

FACTORES EMISIÓN SECTOR RESIDUOS – NO COMBUSTIBLES FÓSILES			
Contaminante	Cremación [kg/cuerpo]	Incineración de lodos [kg/kg lodo]	TTO de aguas [mg/m3]
CO <sub>2</sub> [g/GJ]	NA	NA	NA
CH <sub>4</sub> [g/GJ]	NA	9,70E-06	NA
N <sub>2</sub> O [g/GJ]	NA	9,00E-04	NA
NO <sub>x</sub> [g/GJ]	0,83	2,50E-03	NA
CO [g/GJ]	0,14	0,02	NA
SO <sub>x</sub> [g/GJ]	0,11	0,01	NA
COVNM [g/GJ]	0,01	8,40E-04	15,00
NH <sub>3</sub> [g/GJ]	NA	NE	NE
PM <sub>2,5</sub> [g/GJ]	0,03	1,10E-03	NE
PM <sub>10</sub> [g/GJ]	0,03	4,10E-03	NE
TSP [g/GJ]	0,04	0,05	NE
BC [% de PM <sub>2,5</sub> ]	NE	3,85E-05	NE
Pb [mg/GJ]	3,00E-05	5,00E-05	NE
Cd [mg/GJ]	5,03E-06	1,60E-05	NE
Hg [mg/GJ]	1,49E-03	2,30E-06	NE
As [mg/GJ]	1,36E-05	4,70E-06	NE
Cr [mg/GJ]	1,36E-05	1,40E-05	NE
Cu [mg/GJ]	1,24E-05	4,00E-05	NE
Ni [mg/GJ]	1,73E-05	8,00E-08	NE
Se [mg/GJ]	1,98E-05	1,50E-07	NE
Zn [mg/GJ]	1,60E-04	6,60E-05	NE
Benzo(a)pireno [µg/GJ]	1,32E-08	5,10E-10	NA
Benzo(b)furano [µg/GJ]	7,21E-09	7,00E-11	NA
Benzo(k)furano [µg/GJ]	6,44E-09	6,10E-10	NA
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO [µg/GJ]	6,99E-09	1,00E-10	NA
PCDD/F (g I-TEQ/GJ)	2,70E-11	5,00E-05 (*)	NA
HCB [g/GJ]	1,50E-07	4,70E-09	NA
PCBs [g/GJ]	4,10E-07	4,50E-09	NA
Total POPs	NA	NA	NA

(\*) dato en g I-TEQ/Mg.

### Emisiones indirectas

Para el caso concreto de emisiones indirectas, se utiliza el factor de emisión CO<sub>2</sub> asociado al mix energético español del año 2024, y que aparece descrito en el 4.METODOLOGÍA de este informe.

#### 11.3.1 Resultados del inventario de emisiones 2024

En el cálculo de las emisiones directas correspondientes al sector residuos se han contabilizado las emisiones de contaminantes de:

- Cremaciones en el Cementerio de Torrero (SERFUTOSA), de SERVISA y de animales (CTRUZ)
- Incineración de lodos de depuradoras (EDAR La Cartuja)

- Tratamiento de aguas residuales (EDAR La Cartuja, EDAR Alfocea y EDAR Almozara)
- Vertederos (CTRUZ)
- Gestores de residuos (Rem ibérica, Casalé, Acteco, Adiego y RINZA)

Se expone aquí la tabla con los consumos de energía de todo el sector, dividido por subsectores:

*Tabla 57. Consumos del sector residuos. Año 2024.*

CONSUMOS SECTOR RESIDUOS (MWh/año)						
Subsector	Consumo directo				Consumo indirecto	
	Gasóleo	Gas natural	Biogás	Biomasa	Consumo eléctrico de red (mix nacional)	Consumo eléctrico origen renovable
<b>Cremaciones</b>	-	6.691,70	-	-	1.308,97	-
SERFUTOSA	-	5.106,75	-	-	968,31	-
SERVISA	-	1.584,95	-	-	340,66	-
CTRUZ	-	-	-	-	-	-
<b>Tratamiento de aguas</b>	-	-	-	-	24.635,24	5.232,15
EDAR La Cartuja	-	-	-	-	22.153,00	4.140,00
EDAR La Almozara	-	-	-	-	2.482,24	1.092,15
EDAR La Alfocea	-	-	-	-	-	-
<b>Incineración de lodos</b>	171,94	-	-	-	-	-
<b>Vertedero</b>	-	228,29	3.964,92	-	-	9.630,92
<b>Gestores</b>	7.431,60	-	-	-	526,62	35,03
Rem Ibérica	-	-	-	-	41,87	-
Casalé	2.959,66	-	-	-	166,79	19,95
Acteco	332,00	-	-	-	116,79	-
Adiego	165,70	-	-	-	37,09	-
RINZA	3.974,24	-	-	-	164,08	15,08
<b>TOTAL</b>	<b>7.603,54</b>	<b>6.919,99</b>	<b>3.964,92</b>	<b>-</b>	<b>26.470,83</b>	<b>14.898,10</b>

Según la tabla anterior, durante el año 2024 se consumieron en el sector residuos un total de 59.857,37 MWh, de los cuales el 69,11% son consumos eléctricos y el 36,01% son térmicos. Además, dentro de los consumos eléctricos, el 36,01% provino de fuentes de energía renovable.

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores, se muestran a continuación el total de emisiones directas e indirectas del sector:

Tabla 58. Emisiones directas sector residuos. Año 2024.

EMISIONES DIRECTAS SECTOR RESIDUOS	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub>	8.021,86
CH <sub>4</sub>	216,32
N <sub>2</sub> O	71,07
NO <sub>x</sub>	259,16
CO	1.294,15
SO <sub>x</sub>	1.112,65
COV	-
COVNM	68,75
NH <sub>3</sub>	NA/NE
PM <sub>2,5</sub>	87,53
PM <sub>10</sub>	324,74
TSP	4105,97
BC	3,32
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	NA
Pb	3,95
Cd	1,27
Hg	0,19
As	0,37
Cr	1,11
Cu	0,64
Ni	0,64
Se	0,01
Zn	5,21
Dioxinas	3,95E-06
Benzo(a)pireno	4,04E-05
Benzo[b]furano	6,07E-06
Benzo[k]furano	4,83E-05
INDENO (1,2,3-cd) PIRENO	0,08
PAH	NA
HCB	0,01
PCBs	3,92E-03
<b>CO<sub>2</sub> eq</b>	<b>33.459,65</b>

Como se puede apreciar, el gas mayoritario en las emisiones de contaminantes es el CO<sub>2</sub> seguido por las partículas TSP, CO y SO<sub>x</sub>.

Cabe destacar algunas consideraciones que se han tenido en cuenta en los cálculos de emisiones de los diferentes subsectores:

- Cremaciones: Para el cálculo de las emisiones directas de cremaciones, se han considerado dos flujos de emisiones: por un lado, las emisiones derivadas de la utilización del gas natural convencional para proceder a la cremación; por otro lado, las emisiones resultantes de la incineración de los propios cuerpos (salvo CO<sub>2</sub> que no se contabilizan según metodología nacional [12]). Para el cálculo de las emisiones indirectas se ha tenido en cuenta el consumo eléctrico de cada crematorio.
- Incineración de lodos: Para las estimaciones de cálculo de incineración de lodos, se consideran factores de emisión sobre materia seca. Puesto que los datos reportados por las depuradoras

de aguas residuales se entregan en materia húmeda, se ha considerado una humedad media del 75%, según bibliografía consultada [13].

- Tratamiento aguas residuales: el tratamiento de las propias aguas residuales genera CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y COVNM (según las directrices del IPCC, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a este tratamiento no se contabilizan puesto que son de origen biogénico). Las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) únicamente tienen lugar cuando las aguas residuales son tratadas mediante procesos anaeróbicos. Esto sólo tiene lugar en la EDAR Almozara: El modo de operación natural de esta EDAR es la de recoger las emisiones de CH<sub>4</sub> de manera que pueda ser utilizado en el sistema de cogeneración para producción y autoconsumo de térmica y eléctrica. El N<sub>2</sub>O sólo tiene lugar cuando existe un sistema de nitrificación-desnitrificación, y ninguna de las plantas de tratamiento tiene este sistema.

Tabla 59. Emisiones indirectas sector residuos. Año 2024.

EMISIONES INDIRECTAS SECTOR RESIDUOS	
Gas	t/año
CO <sub>2</sub>	2.647,08
CH <sub>4</sub>	IE
N <sub>2</sub> O	IE

### 11.3.2 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

En esta sección se incluyen los resultados del inventario de emisiones de Zaragoza en el año 2024 dentro del sector residuos comparándolo con los valores registrados en los anteriores inventarios, realizados en los años 2023, 2021, 2019, 2015 y 2005. En la siguiente tabla se recopilan los distintos tipos de consumos y emisiones de CO<sub>2</sub> calculados, así como la variación con respecto al 2005.

Tabla 60. Tendencias de emisiones y consumos en el sector residuos. Años 2005-2024.

TENDENCIAS DE EMISIONES Y CONSUMOS SECTOR RESIDUOS			
Año	Consumo total [MWh/año]	Emisiones CO <sub>2</sub> eq [t/año]	Variación de emisiones CO <sub>2</sub> con respecto al 2005 [%]
2005	-	92.455,00	-
2015	-	86.000,45	-7%
2019	63.198,30	99.676,36	8%
2021	71.601,23	108.928,92	18%
2023	54.581,97	38.511,16	-58%
2024	59.857,37	36.106,73	-61%

Como se puede apreciar, hay un claro descenso de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en el 2024 respecto a los anteriores inventarios. Este descenso es debido principalmente a la actualización de los factores de emisión, ya que el CO<sub>2</sub> derivado de la incineración de lodos se considera cero según las fuentes oficiales [14].

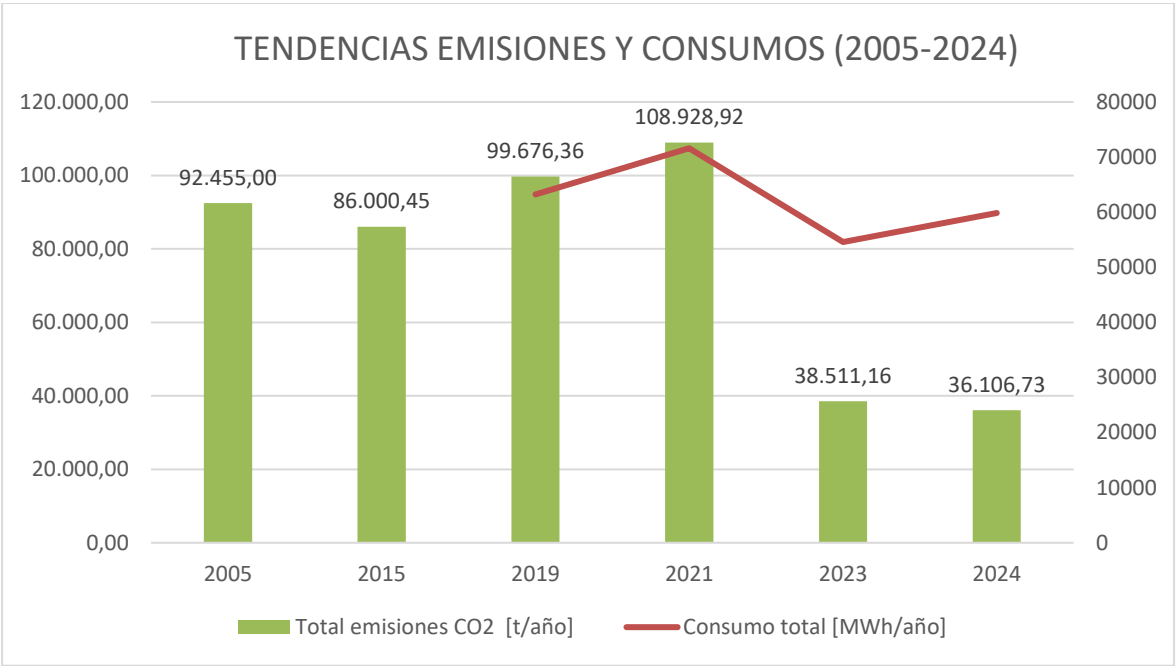


Figura 12. Tendencia de emisiones y consumos del sector residuos. Años 2005-2024.

A modo de resumen del sector, se visualiza una tendencia acusada de reducción desde 2021, que hasta entonces experimentaba un aumento progresivo de las emisiones desde el 2015. En general, se ha conseguido una reducción de emisiones del 6,24% respecto al inventario anterior (2023), y un 61% respecto al año base.

## 12. EMISIONES SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO

### 12.1 Organismos participantes

- Sector Agrícola y Ganadero:
  - Gobierno de Aragón – Sistema Informático de Gestión Estadística Agroalimentaria de Aragón (SINGEAR)
  - Gobierno de Aragón - Servicio de Sanidad, Trazabilidad y Bienestar Animal (SITRAN)

### 12.2 Fuentes de emisión consideradas

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos de este sector han sido las siguientes:

- **Agricultura:** Emisiones directas derivadas de la aplicación de abono inorgánico en cultivos, desglosado en cultivos de secano y regadío. La información recopilada ha sido el total de superficie de cada tipo de cultivo dentro del municipio, así como los fertilizantes nitrogenados utilizados.

En este sector no se han evaluado como fuente emisora las aplicaciones de pesticidas, ya que no se dispone de datos fiables debido a que este tipo de productos se aplican en función de las plagas existentes.

- **Ganadería:** Emisiones directas derivadas de la fermentación entérica (metano que se genera durante la digestión del ganado) y Gestión de estiércoles. La información solicitada ha sido el total de cabezas de ganado y características de población y engorde, por cada tipo de ganado, en el municipio de Zaragoza.

Las granjas de caracoles y de abejas han sido excluidas debido a que no se ha encontrado literatura donde se reflejen las emisiones asociadas por unidad.

Las emisiones se han obtenido por instalación y por tipo de ganado.

No se han contemplado dentro de este sector las emisiones indirectas por consumos eléctricos de las instalaciones físicas que pudiesen existir asociadas a los subsectores, ya que no se dispone de información para contactar individualmente a los titulares de cada una de dichas instalaciones.

### 12.3 Contaminantes y factores de emisión considerados

#### Emisiones directas

A continuación, se detalla la metodología de obtención de factores de emisión en función de los dos subsectores que conforman este punto, subsector Agrícola y subsector Ganadero.

#### Subsector Agrícola

Se han considerado las emisiones derivadas de la aplicación de abono inorgánico en cultivos, donde los gases contaminantes que se han tenido en cuenta han sido los siguientes: NH<sub>3</sub>, NO, N<sub>2</sub>O, COVNM, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y TSP, siguiendo la estructura de los inventarios de emisiones anteriores.

A continuación, se muestran los factores de emisión utilizados (extraídos de las guías IPCC y EEA), que se basan en las cantidades de fertilizantes nitrogenados aplicados por hectárea. La información sobre aplicación media de fertilizantes nitrogenados en cultivos se ha obtenido del informe “Guía Práctica de la Fertilización Racional de los cultivos en España, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación” [15], en su versión vigente.

Los factores de emisión utilizados son los siguientes:

*Tabla 61. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector agricultura.*

FACTORES EMISIÓN AGRICULTURA		
Gas	Valor	Unidad
<b>NH<sub>3</sub></b>	0,05	kg NH <sub>3</sub> /kg fertilizante N
<b>NO<sub>2</sub></b>	0,04	kg NO <sub>2</sub> /kg fertilizante N
<b>N<sub>2</sub>O</b>	0,01	kg N <sub>2</sub> O/kg N
<b>COVNM</b>	0,86	kg/ha
<b>PM10</b>	1,56	kg/ha
<b>PM2,5</b>	0,06	kg/ha
<b>TSP</b>	1,56	kg/ha

#### Subsector Ganadero

Siguiendo la estructura de anteriores informes, y con objeto de que los datos sean comparables, dentro del subsector ganadero se han considerado dos tipos de emisiones:

##### 1) Fermentación entérica

Se considera como único contaminante el metano (CH<sub>4</sub>) emitido por los animales en su proceso digestivo. Cabe destacar que, dentro de este subsector, las granjas de caracoles y de abejas han sido excluidas debido a que no se ha encontrado literatura donde se reflejen las emisiones asociadas por animal.

A continuación, se muestran los factores de emisión utilizados, que se basan en las cantidades de cada gas emitidas por cada tipo de ganado. Estos datos han sido obtenidos de las guías IPCC y EEA. Además, se tiene en cuenta en los cálculos el promedio de días de engorde de cada especie de ganado, también conocido como Población Promedio Anual (AAP – *Average Annual Population*). Este dato se calcula teniendo en cuenta la producción anual de ganado multiplicado por la parte del año en la que los animales de dicha especie están vivos, expresada en días, para conocer el periodo de tiempo anual que el animal emite metano en el año.

Tabla 62. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector ganadero (fermentación entérica).

FACTORES EMISIÓN GANADERÍA - FERMENTACIÓN ENTÉRICA	
Categoría	CH <sub>4</sub> Fermentación Entérica (kg CH <sub>4</sub> /animal/año)
<b>Bovino (leche)</b>	126,00
<b>Bovino (resto)</b>	52,00
<b>Ovino</b>	5,00
<b>Caprino</b>	5,00
<b>Porcino</b>	1,50
<b>Equino</b>	18,00
<b>Cunícola</b>	2,00
<b>Avícola</b>	0,00

## 2) Gestión del estiércol

La gestión del propio estiércol del ganado genera emisiones por su descomposición. Estas emisiones consideran los gases NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, COVNM, TSP, PM10, PM2,5 y CH<sub>4</sub>. A continuación, se muestran los factores de emisión utilizados para cada gas contaminante, los cuales han sido obtenidos de la guía IPCC.

Tabla 63. Factores de emisión asociados a emisiones directas para el subsector ganadero (gestión de estiércoles).

FACTORES EMISIÓN GANADERÍA – GESTIÓN DE ESTIÉRCOLES								
Categoría	NH <sub>3</sub> Gestión estiércol y aplicación [kg NH <sub>3</sub> /AAP/año]	NO <sub>2</sub> del estiércol almacenado (en kg NO <sub>2</sub> /AAP/año)	NMVOC with silage feeding [kg NMVOC/AAP/año]	TSP [kg TSP/AAP/año]	PM10 [kg PM10/AAP/año]	PM2,5 [kg PM2,5/AAP/año]	CH <sub>4</sub> Gestión de Abono [kg CH <sub>4</sub> /AAP/año]	N <sub>2</sub> O gestión estiércol [kg N <sub>2</sub> O/AAP/año]
<b>Bovino (leche)</b>	26,40	0,75	17,94	1,38	0,63	0,41	34,00	0,16
<b>Bovino (resto)</b>	10,00	0,22	8,90	0,59	0,27	0,18	10,00	2,78
<b>Ovino</b>	1,40	0,01	0,28	0,14	0,06	0,02	0,28	0,00
<b>Caprino</b>	1,40	0,01	0,62	0,14	0,06	0,02	0,20	0,00
<b>Porcino</b>	12,10	0,00	1,13	0,65	0,12	0,01	9,00	78,55
<b>Equino</b>	15,80	0,25	7,78	0,48	0,22	0,14	2,34	0,05
<b>Cunícola</b>	0,03	0,00	0,06	0,02	0,01	0,00	0,08	0,00
<b>Avícola</b>	0,17	0,02	0,14	0,12	0,03	0,00	0,02	121,87

## Emisiones indirectas

No es aplicable el cálculo de emisiones indirectas en este sector.

## 12.4 Resultados del inventario de emisiones 2024

### 12.4.1 Aplicación de abono inorgánico en secano y en regadío

Para el cálculo de las emisiones procedentes de la aplicación de abono inorgánico se requiere información acerca de la cantidad de fertilizantes nitrogenados necesarios por superficie cultivada. Los datos relativos a la cantidad de hectáreas cultivadas en el municipio de Zaragoza son obtenidos de fuentes estadísticas oficiales del Gobierno de Aragón [16]. La cantidad de fertilizantes nitrogenados necesarios se ha obtenido de información bibliográfica, en concreto de la Guía Práctica de la Fertilización Racional de los cultivos en España, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [17], en su versión vigente.

A continuación, se incluye un resumen de las emisiones asociadas al abono inorgánico en secano y regadío, en base a los kg de abono inorgánico totales aplicados en el municipio.

Tabla 64. Emisiones directas subsector agricultura. Año 2024.

EMISIONES AGRICULTURA			
Gas	Secano (t/año)	Regadío (t/año)	Total (t/año)
<b>NH<sub>3</sub></b>	27,79	43,80	71,59
<b>NO<sub>2</sub></b>	22,23	35,04	57,27
<b>N<sub>2</sub>O</b>	5,56	8,76	14,32
<b>COVNM</b>	477,99	753,30	1.231,30
<b>PM10</b>	867,06	1.366,45	2.233,51
<b>PM2,5</b>	33,35	52,56	85,90
<b>TSP</b>	867,06	1.366,45	2.233,51

### 12.4.2 Fermentación entérica

Las especies ganaderas, debido a su proceso de digestión, generan emisiones de metano (CH<sub>4</sub>). Las directrices de la IPCC proporcionan métodos para el cálculo de estas emisiones a partir del tipo de ganado. Cabe destacar que, siguiendo lo establecido en la metodología citada, se establece que las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del ganado son cero (IPCC 2023, Capítulo 10.3 “Methane Emissions from Enteric Fermentation”).

La información relativa a ganadería ha sido obtenida de la plataforma de datos en abierto Aragón Open Data, del Gobierno de Aragón [18], mediante la cual se ha accedido a datos relativos al censo de cabezas de ganado por explotación y días de engorde en los ganados bovino, caprino, ovino, porcino, equino, avícola (excepto avestruces) y cunícola.

Tabla 65. Información de explotaciones ganaderas. Año 2024.

INFORMACIÓN EXPLOTACIONES GANADERAS			
Tipo de ganado	Censo de cabezas de ganado (unid.)	Días de engorde por tipo de ganado	Población Promedio Anual (AAP) [Cabezas al año]
<b>Bovino (lechera)</b>	683,00	365,00	683,00
<b>Bovino (resto)</b>	5.810,00	365,00	5.810,00
<b>Equino</b>	517,00	365,00	517,00
<b>Ovino</b>	20.319,00	90,00	5.010,16
<b>Caprino</b>	1.056,00	365,00	1.056,00
<b>Porcino</b>	31.940,00	180,00	15.751,23
<b>Conejos</b>	27,00	365,00	27,00
<b>Aves (Excepto avestruces)</b>	188.367,00	49,00	25.287,62

En base a los datos anteriores, se calculan las emisiones por fermentación entérica por tipo de ganado:

Tabla 66. Emisiones directas subsector ganadero (fermentación entérica). Año 2024.

EMISIONES GANADERÍA – FERMENTACIÓN ENTÉRICA									
Categoría	Bovino (lechera)	Bovino (resto)	Equino	Ovino	Caprino	Porcino	Cunícola	Aves (Excepto avestruces)	TOTAL
<b>CH<sub>4</sub> (t/año)</b>	23,22	58,10	1,21	1,40	0,21	141,76	0,00	0,58	<b>226,49</b>

### 12.4.3 Gestión del estiércol

Durante la gestión del abono producido por el ganado (estiércol), se generan una serie de gases contaminantes: NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, TSP, PM10, PM2,5 y CH<sub>4</sub>. Los factores de emisión de estos contaminantes dependen, al igual que en la fermentación entérica, de la Población Promedio Anual y el tipo de ganado, con lo que la información de partida será la misma que la utilizada en el apartado de fermentación entérica.

Tabla 67. Emisiones directas subsector ganadero (gestión de estiércol). Año 2024.

EMISIONES GANADERÍA – GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL (t/año)							
Categoría	NH <sub>3</sub> (t/año)	NO <sub>2</sub> (t/año)	COVNM (t/año)	TSP (t/año)	PM10 (t/año)	PM2.5 (t/año)	CH <sub>4</sub> (t/año)
<b>Bovino (lechera)</b>	18,03	0,51	12,25	0,94	0,43	0,28	23,22
<b>Bovino (resto)</b>	58,10	1,26	51,72	3,43	1,57	1,05	58,10
<b>Equino</b>	8,17	0,13	4,02	0,25	0,11	0,07	1,21
<b>Ovino</b>	7,01	0,06	1,40	0,70	0,30	0,10	1,40
<b>Caprino</b>	1,48	0,01	0,66	0,15	0,06	0,02	0,21
<b>Porcino</b>	190,59	0,06	17,76	10,19	1,89	0,09	141,76
<b>Conejos</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### 12.4.4 Emisiones totales y comparativa con años anteriores

A modo de resumen, se incluye a continuación una tabla con el total de emisiones para todo el sector agrícola y ganadero, para el año 2024:

Tabla 68. Emisiones directas sector agricultura y ganadería. Año 2024.

Contaminante	Agricultura	Ganadería	TOTAL
<b>NH<sub>3</sub> [t/año]</b>	71,59	287,68	359,27
<b>NO<sub>2</sub> [t/año]</b>	57,27	2,55	59,82
<b>N<sub>2</sub>O [t/año]</b>	14,32	0,25	14,57
<b>COVNM [t/año]</b>	1.231,30	91,26	1.322,56
<b>PM<sub>10</sub> [t/año]</b>	2.233,51	5,13	2.238,64
<b>PM<sub>2.5</sub> [t/año]</b>	85,90	1,68	87,58
<b>TSP [t/año]</b>	2.233,51	18,56	2.252,08
<b>CH<sub>4</sub> [t/año]</b>	-	677,99	677,99
<b>CO<sub>2</sub> eq</b>	<b>3.908,65</b>	<b>18.985,00</b>	<b>22.893,65</b>

Se muestra a continuación una tabla con los valores de emisiones para CO<sub>2</sub> eq en este sector en los diferentes años en los que se ha calculado este inventario de emisiones. Los resultados se muestran como datos anuales, tanto para consumos como para emisiones. En este caso no se muestra la variación de las emisiones respecto al año base (2005) porque en dicho año no se realizaron cálculos para este sector, por lo que el primer año de cálculo fue 2015.

Tabla 69. Tendencias de emisiones en el sector Agricultura y Ganadería. Año 2015-2024.

TENDENCIAS EMISIONES SECTOR AGRICULTURA Y GANADERÍA (2015-2024)	
Año	Emisiones CO <sub>2</sub> eq Directas [t/año]
<b>2015</b>	9.097,00
<b>2019</b>	87.588,87
<b>2021</b>	20.475,19
<b>2023</b>	15.021,55
<b>2024</b>	22.893,65

Se observa que, respecto al primer año de cálculo, las emisiones aumentaron considerablemente en 2019 debido previsiblemente a un ajuste en el alcance del estudio. Posteriormente, en 2021 se redujeron las emisiones significativamente, debido posiblemente al reporte de menor actividad ganadera. En 2023, las emisiones continúan con la tendencia de reducción, previsiblemente debido al ajuste de factores de emisión y de la cabaña ganadera. Por último, las emisiones aumentaron en 2024 cambiando la tendencia de disminución que se estaba llevando desde 2021.

Los mismos datos se muestran también en formato gráfico para facilitar la visualización de las tendencias adquiridas en consumos y emisiones dentro del sector.

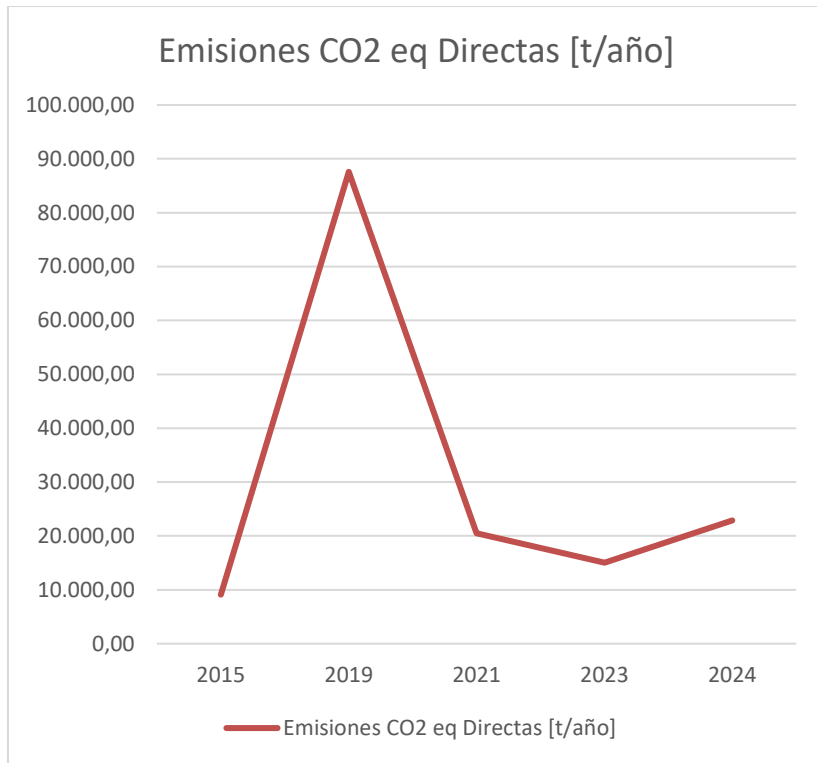


Figura 13. Tendencia de emisiones del sector agricultura y ganadería. Años 2015-2024.

## 13. ABSORCIONES LULUCF

### 13.1 Organismos participantes

- Vegetación urbana:
  - Ayuntamiento de Zaragoza.
  - Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)

### 13.2 Fuentes de absorción consideradas

Las fuentes de absorción consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos del sector Arbolado urbano han sido las siguientes:

- **Arbolado urbano:** absorción de CO<sub>2</sub> por cada árbol de cada especie dentro de la ciudad de Zaragoza.
- **Uso y cambio de usos del suelo:** emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero procedentes de actividades como la gestión forestal, agrícola y de pastizales.

### 13.3 Contaminantes y factores de absorción considerados

Para el arbolado urbano no se contabilizan emisiones de gases contaminantes, sino que se calculan las absorciones de CO<sub>2</sub> que llevan a cabo los árboles presentes en la ciudad. Esta vegetación es capaz de realizar una absorción de CO<sub>2</sub> durante su actividad biológica diaria, lo que se puede utilizar como una herramienta de compensación de las emisiones provenientes de otros sectores contemplados en este inventario.

El arbolado puede ayudar a reducir la contaminación del aire de tres formas distintas: por el aporte de oxígeno resultado de la fotosíntesis, porque diluyen el aire contaminado, y por su capacidad de absorción y retención de contaminantes. Además, la presencia de vegetación ayuda a aminorar los efectos de la contaminación, absorbiendo el ruido, atrapando el polvo, reciclando el dióxido de carbono y absorbiendo y rompiendo algunos contaminantes gaseosos.

Para realizar este estudio se necesita poder evaluar la absorción total de CO<sub>2</sub> asociada al arbolado urbano, por lo que el primer paso es realizar un inventario de los árboles existentes en la ciudad de Zaragoza, en el 2024. Según la guía publicada por el Ministerio para la Transición Ecológica en 2021, bajo la metodología EX ANTE [19], se necesita conocer el número de árboles, altura, perímetro y edad de cada árbol para poder estimar su absorción. Por ello, se ha realizado una solicitud de datos al Ayuntamiento de Zaragoza, quien se ha facilitado un inventario del arbolado urbano que se encuentra dentro del casco urbano, incluyendo su distrito, la unidad de gestión, matrícula, especie, fecha de plantación, coordenadas de localización, perímetro de tronco y cantidad.

A la hora de realizar los cálculos de absorciones en función de la especie y los datos recopilados, finalmente se trabajó siguiendo la metodología desarrollada por Gregorio Montero, Ricardo Ruiz-Peinado y Marta Muñoz, de título "Producción de Biomasa y Fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques

españoles” [19], fuente de la cual se han obtenido también los factores de emisión utilizados para cada una de las especies.

En el ejercicio 2024, la estimación de las absorciones del sector **LULUCF** se ha actualizado mediante la adopción de la metodología **AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use)** desarrollada por el **IPCC**, integrada en el marco **Land Use, Land-Use Change and Forestry**. Este enfoque sustituye la aproximación empleada en el inventario de 2023 y permite una contabilización más coherente y completa de los flujos de carbono derivados de los distintos usos y cambios de uso del suelo.

La aplicación de la metodología AFOLU garantiza la armonización con las **Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero** (2006, revisión 2019), asegurando la comparabilidad y consistencia con los reportes nacionales e internacionales sobre mitigación del cambio climático. Para el ámbito municipal, se ha aplicado el **Nivel 1**, basado en factores por defecto definidos por el IPCC, lo que resulta apropiado en contextos donde no se dispone de información local detallada sobre biomasa o carbono en suelos.

El procedimiento seguido se ha estructurado en las siguientes fases:

**1. Obtención y tratamiento cartográfico de la información.**

Se han utilizado las **capas SIOSE (Sistema de Información sobre la Ocupación del Suelo en España)** del **Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)** como fuente principal de información espacial. Estas capas se han procesado en el entorno **QGIS**, delimitando el ámbito municipal de Zaragoza y extrayendo las unidades de ocupación del suelo relevantes para el análisis.

**2. Clasificación de categorías de uso del suelo**

A partir de las clases originales de SIOSE, se ha realizado una **reclasificación** conforme a las categorías establecidas por el IPCC en el marco AFOLU, agrupando las superficies en las siguientes clases:

- *Tierras Forestales (Forest Land)*
- *Tierras de Cultivo (Cropland)*
- *Pastizales (Grassland)*
- *Asentamientos (Settlements)*
- *Humedales (Wetlands)*
- *Otras Tierras (Other Land)*

**3. Aplicación de factores por defecto del IPCC**

A las superficies reclasificadas se les han aplicado los **factores por defecto** según las tablas del IPCC.

**4. Estimación de absorciones netas de CO<sub>2</sub>**

Los valores de carbono se han convertido a equivalentes de CO<sub>2</sub> aplicando los factores establecidos por el IPCC, expresadas en toneladas por año.

## 13.4 Resultados del inventario de emisiones 2024

Siguiendo la metodología establecida, se ha calculado para cada unidad de cada especie, las toneladas anuales capturadas de CO<sub>2</sub>. A continuación, se muestran el total de árboles que se han considerado dentro del sector:

- 159.088 árboles urbanos.

Por otro lado, se han calculado las toneladas de CO<sub>2</sub> absorbidas por especie, teniendo en cuenta factores de emisión asociados a aspectos como la especie, edad o diámetro del tronco.

En el caso de las zonas de árboles reforestados, y según datos facilitados por el Ayuntamiento de Zaragoza, se ha considerado únicamente la presencia de la especie pino carrasco (*Pinus halepensis*), con una densidad media de reforestación de unos 600 pies/ha., y una edad media de unos 60 años.

En la siguiente figura se puede observar la representación de las especies de arbolado urbano mayoritarias existentes en la ciudad de Zaragoza y las unidades de cada una de ellas para 2024.

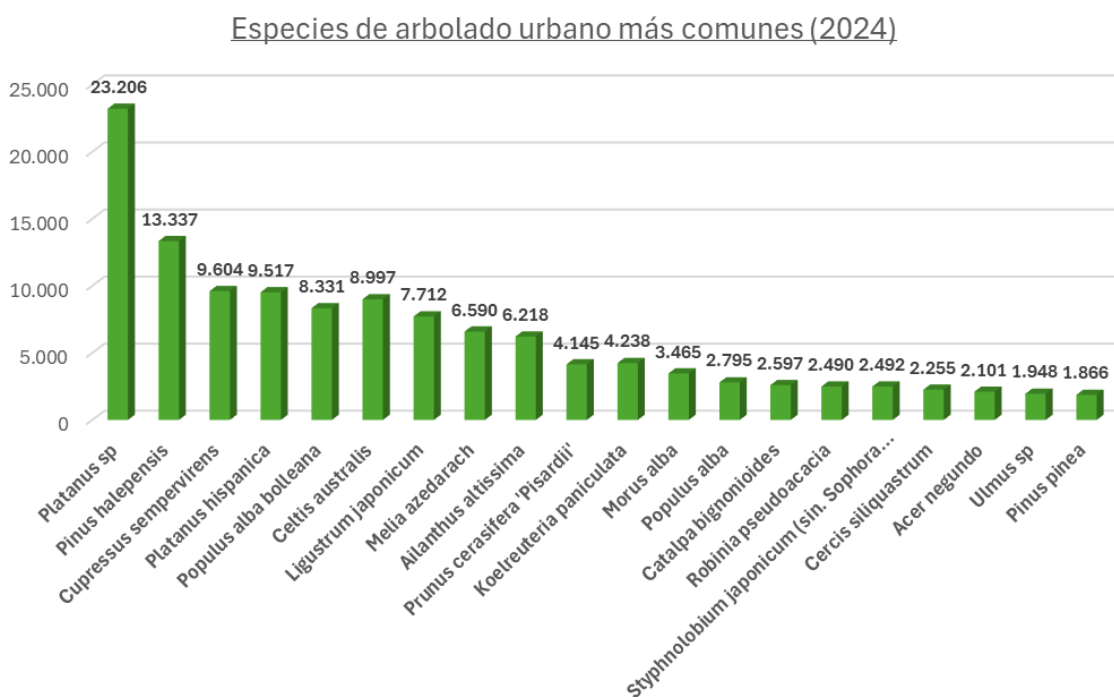


Figura 14. Especies mayoritarias de arbolado urbano en Zaragoza. Año 2024.

### Especies con mayor absorción de CO<sub>2</sub> (2024)

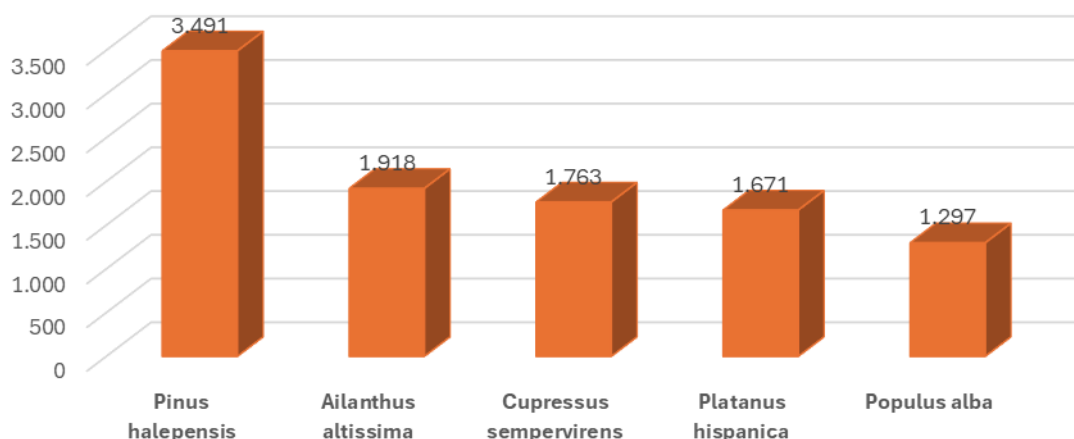


Figura 15. Captura de CO<sub>2</sub> de las especies de arbolado mayoritarias. Año 2024.

Como se puede apreciar en la figura anterior, el pino carrasco (*Pinus halepensis*) es el árbol más común y también el que más absorción representa respecto al total, seguido del Platanero (*Platanus sp.*) y el álamo blanco (*Populus alba bolleana*). No obstante, existen otras especies que, aunque no estén representadas en la figura, también se han incluido en los cálculos de absorción.

A continuación, se presenta una tabla donde se exponen las absorciones de CO<sub>2</sub> calculadas para el arbolado urbano y de reforestación en el año 2024 en el municipio de Zaragoza.

Tabla 70. Absorciones de arbolado urbano y de reforestación. Año 2024.

ABSORCIÓN DE CO <sub>2</sub> POR ARBOLADO	
Especie	[ton/año]
<b>Arbolado urbano</b>	
<i>Platanus sp</i>	5.147
<i>Populus alba bolleana</i>	3.948
<i>Pinus halepensis</i>	3.491
<i>Ailanthus altissima</i>	1.918
<i>Cupressus sempervirens</i>	1.763
<i>Platanus hispanica</i>	1.671
<i>Populus alba</i>	1.297
<i>Resto especies</i>	15.286

En aplicación de la metodología AFOLU del IPCC y bajo el Nivel 1, se han estimado las absorciones netas de CO<sub>2</sub> correspondientes al sector LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) en el término municipal de Zaragoza.

El análisis incluye exclusivamente las categorías Tierras Forestales (Forestry) y Tierras de Cultivo (Cropland), al ser las únicas con extensión significativa y con datos fiables para la estimación a escala local. Las categorías Pastizales (Grassland), Asentamientos (Settlements), Humedales y Otras Tierras no se han cuantificado por las siguientes razones:

- En Pastizales que permanecen como tales, el Nivel 1 asume que la biomasa se mantiene en régimen constante, de modo que la acumulación de carbono por crecimiento vegetal se

compensa con las pérdidas por pastoreo, descomposición o incendios. Por tanto, no se registran variaciones netas en las existencias de carbono.

- En la categoría de Asentamientos, el método considera que, en ausencia de cambios de uso del suelo, las tierras permanecen como “remaining”, sin absorciones ni emisiones asociadas, dado que la superficie está ocupada de forma permanente por infraestructuras y zonas artificiales, sin procesos significativos de crecimiento o pérdida de biomasa.

Siguiendo la metodología AFOLU del IPCC aplicada en el marco del sector LULUCF, se han estimado las absorciones netas de CO<sub>2</sub> correspondientes a las superficies de uso del suelo presentes en el municipio de Zaragoza. A continuación, se muestran las categorías de suelo consideradas y sus superficies totales:

- Tierras Forestales (Forestry): 22.671,22164 ha
- Tierras de Cultivo (Cropland): 12.518,9653 ha

La aplicación de los factores por defecto de biomasa aérea y subterránea establecidos por el IPCC (Nivel 1) para zonas de clima templado-seco arroja una absorción total estimada de 211.693,40 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

### 13.4.1 Absorciones totales y comparativa con años anteriores

Únicamente se dispone de datos de absorciones del arbolado urbano desde el inventario de emisiones de 2019, mientras que las áreas reforestadas se incorporaron al alcance por primera vez en 2023. Con la inclusión del inventario 2024, el análisis de tendencias sigue siendo limitado, aunque permite observar una cierta consolidación en la capacidad de absorción del conjunto del arbolado.

*Tabla 71. Tendencias de absorciones y unidades de arbolado. Años 2019-2024.*

<b>TENDENCIAS ABSORCIONES Y UNIDADES DE ARBOLADO (2019-2024)</b>				
	<b>2019</b>	<b>2021</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>
<b>Unidades arbolado urbano</b>	145.186	157.494	161.012	159.088
<b>CO<sub>2</sub> absorbido por arbolado urbano (t/año)</b>	24.530,00	29.736,00	34.521,05	30.769,00
<b>CO<sub>2</sub> absorbido por uso y cambio de usos del suelo (t/año)</b>	NE	233.931,80	243.302,38	211.693,40
<b>CO<sub>2</sub> absorbido total (t/año)</b>	<b>24.530</b>	<b>263.667,80</b>	<b>277.823,44</b>	<b>242.462,40</b>

En 2024, las absorciones de CO<sub>2</sub> procedentes del arbolado urbano registran una ligera disminución del 10,84% respecto al inventario de 2023, asociada a una reducción del número de ejemplares en torno a 2.000 unidades y el cambio metodológico aplicado, pasando de una estimación a una metodología más estandarizada, para el cálculo de las absorciones de CO<sub>2</sub>. Pese a ello, el arbolado urbano mantiene una aportación significativa y estable dentro del balance general.

Por su parte, los usos y cambio de usos del suelo continúan siendo el principal sumidero del sector, con una contribución del 87,31% del total de absorciones en 2024, lo que evidencia la relevancia de la gestión y el mantenimiento de estas superficies para la mitigación de emisiones en el ámbito municipal.



## **14. AGRADECIMIENTOS**

El Ayuntamiento de Zaragoza agradece profundamente a todos los participantes en este inventario de emisiones su compromiso y colaboración en la recopilación de datos, los cuales han sido esenciales para el éxito de este proyecto. Gracias a su esfuerzo, ha sido posible reunir información clave que ayudará a entender mejor las emisiones locales y avanzar hacia la implementación de soluciones efectivas para un futuro más sostenible.

## 15. REFERENCIAS

1. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023 — European Environment Agency Available online: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023> (accessed on 18 December 2024).
2. Calvo Buendia, E.; Tanabe, K.; Kranjc, A.; Baasansuren, J.; Fukuda, M.; Ngarize, S.; Osako, A.; Pyrozhenko, Y.; Shermanau, P.; Federici, S. (eds) *IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*; Published: IPCC, Switzerland., 2019; ISBN 978-4-88788-232-4.
3. Estructura Generacion | Red Eléctrica Available online: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-generacion> (accessed on 19 December 2024).
4. Instituto Nacional de Estadística (INE) Zaragoza: Población Por Municipios y Sexo. (2907) Available online: <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2907> (accessed on 3 May 2024).
5. Ayuntamiento de Zaragoza Cifras de Zaragoza. Datos Demográficos Del Padrón Municipal de Habitantes. 2021. Publicación Municipal. Ayuntamiento de Zaragoza Available online: <https://www.zaragoza.es/sede/servicio/publicacion-municipal/11992> (accessed on 20 April 2023).
6. Ortego, A., Valero, A., Abadías, A. Environmental Impacts of Promoting New Public Transport Systems in Urban Mobility: A Case Study. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems* **2017**, *5*, 377–395, doi:<http://dx.doi.org/10.13044/j.sdewes.d5.0143>.
7. FACTORES DE EMISIÓN REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO, COMPENSACIÓN Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO. **2022**.
8. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Transportes, M. y A.Urbana. Mapa de Tráfico de La DGC. Año 2021 Available online: <https://mapas.fomento.gob.es/mapatrafico/2021/> (accessed on 21 April 2023).
9. Ayuntamiento de Zaragoza *Revisión Del Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Zaragoza*; Zaragoza, 2019;
10. AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea) Estadísticas Del Tráfico Aéreo Available online: <https://www.aena.es/es/estadisticas/inicio.html> (accessed on 17 April 2023).
11. MITECO TRANSPORTE AÉREO ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA CÓDIGO LTO Crucero Nacional Internacional Nacional Internacional SNAP 97 Available online: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/0805\\_transporte\\_aereo\\_tcm30-446885.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/0805_transporte_aereo_tcm30-446885.pdf) (accessed on 18 April 2023).
12. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico *Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*; 2022;
13. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico Calculadora de Huella de Carbono Para Organizaciones Del Sector Agrícola 2007-2023 Available online: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y->

medidas/calculadoras.html#huella-de-carbono-de-una-explotacion-agricola\_-alcance-1\_2 (accessed on 19 December 2024).

14. Calvo Buendía, E.; Tanabe, K.; Kranjc, A.; Baasansuren, J.; Fukuda, M.; Ngarize, S.; Osako, A.; Pyrozhenko, Y.; Shermanau, P.; Federici, S. (eds) *IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*; Published: IPCC, Switzerland., 2019; ISBN 978-4-88788-232-4.
15. García-Serrano, P.; Juan, J.; Lucena, J.; Sebastián, M.; Criado, R.; García, M.N.; López Bellido, L.; Betrán, J.; Álvaro, A.; Monreal, R.; et al. GUÍA PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN RACIONAL DE LOS CULTIVOS EN ESPAÑA P AUTORES PARTE I PARTE II.
16. SINGEAR. Gobierno de Aragón Available online: <https://www.aragon.es/-/singear> (accessed on 19 November 2024).
17. García-Serrano, P.; Juan, J.; Lucena, J.; Sebastián, M.; Criado, R.; García, M.N.; López Bellido, L.; Betrán, J.; Álvaro, A.; Monreal, R.; et al. GUÍA PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN RACIONAL DE LOS CULTIVOS EN ESPAÑA P AUTORES PARTE I PARTE II.
18. Datasets - Datos Abiertos Aragón Open Data. Gobierno de Aragón Available online: <https://opendata.aragon.es/datos/catalogo/dataset/datos-del-registro-de-explotaciones-ganaderas-de-aragon-rega-y-de-nucleos-zoologicos> (accessed on 19 November 2024).
19. Montero, G.; Ruiz-peinado, R.; Muñoz, M. Producción de Biomasa y Fijación de CO<sub>2</sub> Por Los Bosques Españoles. *Monografías INIA* **2005**, 13, 274.

