www.fcirce.es

Fichas metodológicas – Inventario de emisiones de Zaragoza

SECTOR TRANSPORTE

Centro Tecnológico CIRCE

Grupo de Economía Circular

Agosto 2023

1 CONTROL

CONTROL DE CAMBIOS		
VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
1.0	11/2023	-

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
	CARRETERA
SNAP 97	0701 / 0702 / 0703 / 0704 / 0705
CFR	1 A 3 b i / 1 A 3 b ii / 1 A 3 b iii / 1 A 3 b iv
NFR	1 A 3 b i / 1 A 3 b ii / 1 A 3 b iii / 1 A 3 b iv

DESCRIPCIÓN METODOLOGICA GENERAL			
CONTAMINANTE	TIER	FUENTE	DESCRIPCIÓN
GASES DE EFECTO INVERNADERO	T3	EMEP/EEA 2019 Capítulo 1 A 3	Para el trasporte por carretera, se aplican los factores de emisión por tipo de vehículo, tipo de combustible, normativa EURO y pauta de conducción (urbana, interurbana y rural). Si aplica, también las emisiones en fío y en caliente. Para el consumo de energía eléctrica, se utilizan valores nacionales reportados por REE.
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	T3	EMEP/EEA 2019 Capítulo 1 A 3	

ABREVIATURAS CRF*	
NO	NO SE PRODUCE [NOT OCURRING]
IE	INCLUIDO EN OTRA PARTE [INCLUDED ELSEWHERE]
NE	NO ESTIMADO / CALCULADO [NOT ESTIMATED]
NA	NO APLICA [NOT APPLICABLE]
C	CONFIDENCIAL

* Common Reporting Format (CRF) of the UNFCCC Reporting Guidelines

2 CONTAMINANTES Y ALCANCES CONSIDERADOS

El inventario de emisiones de Zaragoza reporta Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Contaminantes Atmosféricos. Los contaminantes considerados responden a las necesidades de reporte que el Ayuntamiento de Zaragoza tiene para alcanzar los objetivos y compromisos respecto a:

- Misión de Ciudades y Pacto de las Alcaldías.
- PRECOZ - Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza

GASES DE EFECTO INVERNADERO					
CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6
✓	✓	✓	NA	NA	NA

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS																							
CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
NOX	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAH	HCB	PBC
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	IE	IE	NA	IE

ALCANCE			
CONTAMINANTE	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
GASES DE EFECTO INVERNADERO	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	Emisiones que se producen como consecuencia de la utilización de energía suministrada en red dentro del término municipal de Zaragoza	Emisiones fuera del término municipal de Zaragoza de fuentes gestionadas por la ciudad (transporte público)
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	NA	NA

3 FUENTES DE EMISIÓN CONSIDERADAS

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos del sector transporte de carretera son 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, GLP y GNC. Para el resto de los combustibles no se han reportado datos.

- **Alcance 2:** correspondientes al consumo de electricidad 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.

- **Alcance 3:** correspondientes a los consumos de combustibles asociados a la operación del transporte público a escala municipal. Se considera todo el recorrido realizado por los autobuses urbanos y del CTAZ, independientemente si es dentro o fuera del término municipal.

Las emisiones producidas por el tránsito de vehículos privados y del transporte público se calculan y se reportan en celdas de 100x100 metros, según mallado del mapa del municipio.

Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

En cuanto a la flota municipal, el dato de partida es el consumo de combustible de cada vehículo, segregado por tipo de combustible. Estas emisiones no se localizan, al desconocer el recorrido de estos vehículos.

Para el cálculo de la distancia recorrida y la energía consumida por cada combinación de tipo de vehículo, tecnología y combustible, y su posterior conversión a emisiones atmosféricas, se consulta la siguiente información de partida.

Subsector	Información solicitada
Transporte público	Km. Recorridos por líneas (año 2021)
	Líneas en formato shapefile (año 2021)
	Caracterización del parque de autobuses por línea: - Combustible: diésel, híbridos, eléctricos - Antigüedad: normativa de emisiones contaminantes que se le aplica
	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)
Tráfico urbano privado	Mapa IMD 2021 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: - Tipo de vehículo: Turismo, ciclomotor, motocicleta, furgoneta, etc. - Combustible: Diésel o gasolina - Antigüedad: Normativa de emisiones contaminantes que les aplica.
Accesos y circunvalaciones	Datos de intensidad media diaria (IMD) en las carreteras de acceso
Flota municipal	Consumo de combustible reportado por el Ayto. de Zaragoza

Con esta información, es posible cuantificar la distancia anual recorrida por tipo de vehículo, tecnología EURO, combustible y pauta de conducción. Los resultados se presentan a continuación:

Autobuses urbanos										
Vehículo	**Tranvía L1**	**BEV/PHEV**	**HEV-e**	**HEV-d**	**EURO IV**	**EURO V**	**EURO VI**	**EURO IV CTAZ**	**EURO V CTAZ**	**EURO VI CTAZ**
Distancia recorrida 2019 (Km/año)	1.324.674,30	25.836,84	692.095,99	296.612,57	16.210.449,51	0,00	1.870.436,48	4.590.709,80	-	-
Distancia recorrida 2021 (Km/año)	1.569.500,56	248.208,20	4.838.150,75	2.073.493,18	9.950.970,18	0,00	1.310.550,99	2.219.932,74	535.845,83	1.684.086,91

Pauta conducción	**Urbana y rural (30 km/hora)**																				
SNAP	**0701**										**0702**			**0703**			**0704**		**0701**	**0704**	
NFR	**1.A.3.b.i**										**1.A.3.b.ii**			**1.A.3.b.iii**			**1.A.3.b.iv**		**1.A.3.b.i**	**1.A.3.b.iv**	
Combustible	**Gasolina**			**Diesel**			**Gasolina**	**LPG**	**CNG**		**Diesel**			**Diesel**			**Gasolina**		**Electricidad**		
Tipo de vehículo y tecnología	Passenger Cars/Petrol/EURO III	Passenger Cars/Petrol/EURO IV	Passenger Cars/Petrol/EURO VI	Passenger Cars/Diesel /EURO III	Passenger Cars/Diesel /EURO IV	Passenger Cars/Diesel /EURO VI	Passenger Cars/Petrol	Passenger Cars/LPG/EURO IV	Passenger Cars/CNG/EURO IV		Light Commercial Vehicles < 3.5	Light Commercial Vehicles < 3.5		Heavy-Duty Vehicles/Diesel/EURO	Urban Buses	Coaches Standard	Mopeds/Petrol/EURO IV	Motorcycles/Petrol/EURO IV	Passenger Cars/BEV/PHEV/	Mopeds/BEV/	Motorcycles/BEV/
Distancia recorrida 2019 (Km/año)	17244967 7	93007787	89317863	19372100 3	10451166 7	10038763 4	11829462	184496 1,9	108527,17		12046516	60232581		82697705	0	0	44821722	117100819	759690,21	108527,17	325581,52
Distancia recorrida 2021 (Km/año)	151475069,1	115883221,4	126189278,3	160702585,2	122953655,8	133858902,1	26843683,14	3235622,521	239675,7423		12942490,08	65671153,39		90237916,98	0	0	46137580,4	137334200,3	383481,1877	359513,6135	479351,4846

Pauta conducción	**Interurbana (100 km/hora)**																			
SNAP	**0701**										**0702**			**0703**			**0704**		**0701**	**0704**
NFR	**1.A.3.b.i**										**1.A.3.b.ii**			**1.A.3.b.iii**			**1.A.3.b.iv**		**1.A.3.b.i**	**1.A.3.b.iv**
Combustible	**Gasolina**			**Diesel**			**Gasolina**	**LPG**	**CNG**		**Diesel**			**Diesel**			**Gasolina**		**Electricidad**		
Tipo de vehículo y tecnología	Passenger Cars/Petrol/EURO III	Passenger Cars/Petrol/EURO IV	Passenger Cars/Petrol/EURO VI	Passenger Cars/Diesel /EURO III	Passenger Cars/Diesel /EURO IV	Passenger Cars/Diesel /EURO VI	Passenger Cars/Petrol Hybrid/EURO VI	Passenger Cars/LPG/EURO IV	Passenger Cars/CNG/EURO IV		Light Commercial Vehicles < 3.5 +/Petrol/EURO IV	Light Commercial Vehicles < 3.5 +/Diesel/EURO IV		Heavy-Duty Vehicles/Diesel/EURO IV	Urban Buses	Coaches Standard	Mopeds/Petrol/EUR	Motorcycles/Petrol/E	Passenger Cars/BEV/PHEV/	Mopeds/BEV/	Motorcycles/BEV/
Distancia recorrida 2019 (Km/año)	222579982,6	120044710,6	115282143,3	250034782,2	134892714,4	129569845,1	15268230,4	2381283,64	140075,5082		15548381,42	77741907,08		106737537,3	0	0	0	0	0	0	0
Distancia recorrida 2021 (Km/año)	182059638,7	139281385	151668354,1	193150297,1	147779421,9	160886563,6	32263733,44	3888932,156	288069,0486		15555728,62	78930919,31		108457996,8	0	0	0	0	0	0	0

4 FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS

Para la identificación de los factores de emisión aplicables a los consumos de las diferentes modalidades de transporte, se ha tomado como referencia la EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 1.A.3.b.i-iv Road transport. Se trata de unos cálculos sofisticados que no dependen de un único factor de emisión por contaminante, sino que tiene en cuenta:

- El combustible o vector energético utilizado (gasóleo, gasolina, gas natural, 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 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)
- Para ciertos gases, también se consideran la fracción de las emisiones en frío y en caliente.

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.

Alcance 1 - Emisiones directas

<u>Gases efecto invernadero y contaminantes atmosféricos.</u>

EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.ivPassenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles.

Para los gases efecto invernadero, se ajusta el valor según el contenido de biocombustible, tal como reporta periódicamente el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Documento “FACTORES DE EMISIÓN. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de Dióxido de Carbono”.

g/km o MWh/km	Autobuses urbanos						
	Grupo	BEV	HEV-e	HEV-d	EURO IV	EURO V	EURO VI
Consumo Energía Térmica		0,0022	0,0022	0,0028	0,0029	0,0028	0,0028
CO_2	2	0	0	704,56	709,55	682,27	704,56
SO_2	2	0	0	4,68E-03	4,71E-03	4,53E-03	4,68E-03
COV	1	0	0	3,60E-02	5,53E-02	2,66E-02	3,60E-02
CO	1	0	0	2,00E-01	9,82E-01	1,83E+00	2,00E-01
NO_x	1	0	0	4,45E-01	4,79E+00	6,07E+00	4,45E-01
$PM_{2,5}$	1	0	0	3,03E-03	3,88E-02	3,14E-02	3,03E-03
CH_4	1	0	0	5,25E-03	5,25E-03	5,25E-03	5,25E-03
COVNM	1	0	0	3,08E-02	5,00E-02	2,13E-02	3,08E-02
N_2O	1	0	0	4,15E-02	1,28E-02	3,32E-02	4,15E-02
NH_3	1	0	0	9,00E-03	2,90E-03	1,10E-02	9,00E-03
POPs	3	0	0	2,42E-04	2,42E-04	2,42E-04	2,42E-04
Carbono negro - BC	3	0	0	4,55E-04	2,91E-02	2,35E-02	4,55E-04
C6H6	3	0	0	2,15E-05	3,50E-05	1,49E-05	2,15E-05
Pb	2	0	0	2,81E-07	8,84E-08	8,50E-08	2,81E-07
Cd	2	0	0	4,68E-08	1,18E-08	1,13E-08	4,68E-08
Hg	2	0	0	2,04E-06	1,25E-06	1,20E-06	2,04E-06
Total Metales Pesados	2	0	0	1,33E-05	9,03E-06	8,68E-06	1,33E-05

g/km o MWh/km	Coches de pasajeros									
	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
Pauta de conducción: Urbana y Rural (30 km/h)										
Consumo Energía Térmica		0,0008	0,0008	0,0008	0,0006	0,0006	0,0006	0,0004	0,0007	0,0008
CO_2	**2**	177,94	181,50	181,50	177,11	177,11	177,11	85,01	171,45	150,45
SO_2	2	1,3E-03	1,3E-03	1,3E-03	1,0E-03	1,0E-03	1,0E-03	6,2E-04	0,0E+00	0,0E+00
COV	1	1,8E-02	1,2E-02	7,3E-03	2,3E-02	1,6E-02	1,2E-03	1,1E-03	1,2E-02	4,7E-02
CO	1	4,9E-01	1,8E-01	2,3E-01	1,3E-01	1,2E-01	6,1E-02	6,3E-02	1,8E-01	1,8E-01
NO_x	1	8,1E-02	6,5E-02	4,2E-02	7,8E-01	6,4E-01	4,2E-01	6,2E-03	6,5E-02	6,5E-02
$PM_{2,5}$	1	1,1E-03	1,1E-03	1,8E-03	3,2E-02	3,2E-02	2,0E-03	1,8E-03	1,1E-03	1,1E-03
CH_4	1	4,0E-03	5,1E-03	5,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,1E-03	1,3E-03	4,3E-02
COVNM	1	1,4E-02	6,5E-03	2,3E-03	2,3E-02	1,6E-02	1,2E-03	-3,9E-03	1,0E-02	3,5E-03
N_2O	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
NH_3	1	6,5E-02	6,5E-02	2,2E-02	1,0E-03	1,9E-03	7,0E-03	6,5E-02	6,5E-02	6,5E-02
POPs	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

Carbono negro - BC	1	1,7E-04	1,7E-04	2,8E-04	2,8E-02	6,4E-03	4,1E-04	2,8E-04	0,0E+00	0,0E+00
C_6H_6	1				4,5E-04	3,1E-04	2,4E-05		6,5E-05	
Pb	3	8,3E-08	8,4E-08	8,4E-08	2,0E-08	2,0E-08	2,0E-08	3,9E-08	0,0E+00	0,0E+00
Cd	3	1,4E-08	1,4E-08	1,4E-08	2,7E-09	2,7E-09	2,7E-09	6,6E-09	0,0E+00	0,0E+00
Hg	2	6,0E-07	6,1E-07	6,1E-07	2,9E-07	2,9E-07	2,9E-07	2,9E-07	0,0E+00	0,0E+00
Total Metales Pesados	2	3,9E-06	4,0E-06	4,0E-06	2,1E-06	2,1E-06	2,1E-06	1,9E-06	0,0E+00	0,0E+00
Pauta de conducción: Interurbana (100 km/h)										
Consumo Energía Térmica		0,0006	0,0007	0,0007	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0007	0,0007
CO_2	2	141,60	147,68	147,68	149,13	149,13	149,13	102,52	173,93	122,41
SO_2	2	1,0E-03	1,1E-03	1,1E-03	8,5E-04	8,5E-04	8,5E-04	7,5E-04	0,0E+00	0,0E+00
COV	1	1,8E-02	1,2E-02	6,9E-03	2,3E-02	1,6E-02	1,2E-03	1,1E-03	1,2E-02	4,7E-02
CO	1	4,9E-01	1,8E-01	2,3E-01	1,3E-01	1,2E-01	2,1E-02	6,3E-02	1,8E-01	1,8E-01
NO_x	1	8,1E-02	6,5E-02	3,3E-02	7,8E-01	6,4E-01	6,7E-02	6,2E-03	6,5E-02	6,5E-02
$PM_{2,5}$	1	5,7E-04	3,4E-04	4,9E-04	3,2E-02	3,2E-02	2,3E-04	1,8E-04	7,4E-04	7,4E-04

CH_4	1	4,0E-03	5,1E-03	5,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,1E-03	1,3E-03	4,3E-02
COVNM	1	1,4E-02	6,5E-03	1,8E-03	2,3E-02	1,6E-02	1,2E-03	-3,9E-03	1,0E-02	3,5E-03
N_2O	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
NH_3	1	6,5E-02	6,5E-02	2,2E-02	1,0E-03	1,9E-03	7,0E-03	6,5E-02	6,5E-02	6,5E-02
POPs	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
Carbono negro - BC	3	8,5E-05	5,0E-05	7,3E-05	2,8E-02	6,4E-03	4,6E-05	2,8E-05	0,0E+00	0,0E+00
C_6H_6	3	-	-	-	4,5E-04	3,1E-04	2,4E-05	-	6,5E-05	-
Pb	2	6,6E-08	6,8E-08	6,8E-08	1,7E-08	1,7E-08	1,7E-08	4,8E-08	0,0E+00	0,0E+00
Cd	2	1,1E-08	1,1E-08	1,1E-08	2,3E-09	2,3E-09	2,3E-09	7,9E-09	0,0E+00	0,0E+00
Hg	2	4,8E-07	5,0E-07	5,0E-07	2,4E-07	2,4E-07	2,4E-07	3,4E-07	0,0E+00	0,0E+00
Total Metales Pesados	2	3,1E-06	3,2E-06	3,2E-06	1,7E-06	1,7E-06	1,7E-06	2,2E-06	0,0E+00	0,0E+00

g/km o MWh/km	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
Pauta de conducción: Urbana y Rural (30 km/h)											
Consumo Energía Térmica		0,0014	0,0009	0,0021	0,0029	0,0038	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
CO_2	**2**	303,56	262,08	581,97	790,88	1062,27	32,57	44,20	0,00	0,00	0,00
SO_2	2	2,2E-03	1,5E-03	3,3E-03	4,5E-03	6,0E-03	2,4E-04	3,2E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
COV	1	1,7E-02	3,4E-02	4,5E-02	5,5E-02	8,4E-02	3,2E-01	7,0E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
CO	1	1,9E+00	3,2E-01	8,3E-01	9,8E-01	1,5E+00	1,6E+00	1,8E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
NO_x	1	4,6E-02	8,8E-01	3,6E+00	4,8E+00	6,6E+00	3,2E-02	5,4E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
$PM_{2,5}$	1	1,1E-03	3,1E-02	2,8E-02	3,9E-02	5,4E-02	1,2E-03	1,2E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
CH_4	1	0,0E+00	0,0E+00	4,2E-03	2,1E-03	2,1E-03	2,0E-02	2,8E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
COVNM	1	1,7E-02	3,4E-02	4,0E-02	5,3E-02	8,2E-02	3,1E-01	6,7E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
N_2O	1	4,0E-03	4,0E-03	1,1E-02	0,0E+00	0,0E+00	1,0E-03	2,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00

NH_3	1	6,3E-02	1,0E-03	2,9E-03	2,9E-03	2,9E-03	1,0E-03	2,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
POPs	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
Carbono negro - BC	1	1,7E-04	6,1E-03	2,1E-02	2,9E-02	4,1E-02	2,5E-04	3,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
C_6H_6	1		6,7E-04	2,8E-05	3,7E-05	5,7E-05	1,7E-02	3,8E-02			
Pb	3	1,4E-07	3,0E-08	6,7E-08	9,1E-08	1,2E-07	1,5E-08	2,0E-08	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Cd	3	2,3E-08	4,0E-09	8,9E-09	1,2E-08	1,6E-08	2,5E-09	3,4E-09	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Hg	2	1,0E-06	4,2E-07	9,4E-07	1,3E-06	1,7E-06	1,1E-07	1,5E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Total Metales Pesados	2	6,7E-06	3,1E-06	6,8E-06	9,3E-06	1,2E-05	7,1E-07	9,7E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Pauta de conducción: interurbana (100 km/h)											
Consumo Energía Térmica		0,0009	0,0010	0,0016	0,0016	0,0022	0,0022	0,0002	0,0003	0,0000	0,0000
CO_2	2	199,83	277,66	450,29	450,29	618,36	608,53	43,34	56,09	0,00	0,00
SO_2	2	1,5E-03	1,6E-03	2,6E-03	2,6E-03	3,5E-03	3,5E-03	3,2E-04	4,1E-04	0,0E+00	0,0E+00
COV	1	1,7E-02	3,4E-02	4,5E-02	4,5E-02	5,5E-02	8,4E-02	4,2E-01	7,0E-01	0,0E+00	0,0E+00
CO	1	1,9E+00	3,2E-01	8,3E-01	8,3E-01	9,8E-01	1,5E+00	2,1E+00	1,8E+00	0,0E+00	0,0E+00

NO_x	1	4,6E-02	8,8E-01	3,6E+00	3,6E+00	4,8E+00	6,6E+00	4,3E-02	5,4E-02	0,0E+00	0,0E+00
$PM_{2,5}$	1	1,1E-03	3,1E-02	2,8E-02	2,8E-02	3,9E-02	5,4E-02	1,6E-03	1,2E-02	0,0E+00	0,0E+00
CH_4	1	0,0E+00	0,0E+00	4,2E-03	4,2E-03	2,1E-03	2,1E-03	2,0E-02	2,8E-02	0,0E+00	0,0E+00
COVNM	1	1,7E-02	3,4E-02	4,0E-02	4,0E-02	5,3E-02	8,2E-02	4,0E-01	6,7E-01	0,0E+00	0,0E+00
N_2O	1	4,0E-03	4,0E-03	1,1E-02	1,1E-02	0,0E+00	0,0E+00	1,0E-03	2,0E-03	0,0E+00	0,0E+00
NH_3	1	6,3E-02	1,0E-03	2,9E-03	2,9E-03	2,9E-03	2,9E-03	1,0E-03	2,0E-03	0,0E+00	0,0E+00
POPs	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
Carbono negro - BC	3	1,7E-04	6,1E-03	2,1E-02	2,1E-02	2,9E-02	4,1E-02	3,2E-04	3,0E-03	0,0E+00	0,0E+00
C_6H_6	3		6,7E-04	2,8E-05	2,8E-05	3,7E-05	5,7E-05	2,2E-02	3,8E-02		
Pb	2	9,3E-08	3,2E-08	5,2E-08	5,2E-08	7,1E-08	7,0E-08	2,0E-08	2,6E-08	0,0E+00	0,0E+00
Cd	2	1,5E-08	4,2E-09	6,9E-09	6,9E-09	9,4E-09	9,3E-09	3,3E-09	4,3E-09	0,0E+00	0,0E+00
Hg	2	6,7E-07	4,5E-07	7,3E-07	7,3E-07	1,0E-06	9,8E-07	1,5E-07	1,9E-07	0,0E+00	0,0E+00
Total Metales Pesados	2	4,4E-06	3,2E-06	5,3E-06	5,3E-06	7,2E-06	7,1E-06	9,5E-07	1,2E-06	0,0E+00	0,0E+00

Alcance 2 - Emisiones indirectas

Gases efecto invernadero.

Fuente y tecnología: Red Eléctrica Española (REE). REData. Publicación oficial y actualizada de la estructura de generación y del factor de emisión anual, en $CO_{2\text{-eq}}$. A continuación, se presentan los valores para los últimos 5 años.

INFORMACIÓN DISPONIBLE EN REDATA.

EMISIONES Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO2 EQ. DE LA GENERACIÓN (tCO2 eq. | tCO2 eq./MWh) | SISTEMA ELÉCTRICO: **Nacional**

Del 2019 al 2023

	2019	2020	2021	2022	2023
Carbón	12.384.273	4.884.685	4.865.740	7.489.053	2.321.900
Fuel + Gas	0	0	0	0	0
Motores diésel	1.998.445	1.641.040	1.720.962	1.742.437	1.017.966
Turbina de gas	675.945	430.930	451.513	703.605	493.149
Turbina de vapor	1.970.362	1.259.999	1.007.828	1.094.299	661.947
Ciclo combinado	21.183.920	17.133.424	17.393.287	26.196.005	10.735.819
Cogeneración	11.253.753	10.068.746	9.688.053	6.645.748	4.237.114
Residuos no renovables	533.391	712.029	780.959	575.052	194.216
Emisiones totales	50.000.090	36.130.855	35.908.341	44.446.199	19.662.110
tCO2 eq./MWh	0,19	0,15	0,14	0,16	0,12

Estado de los datos

Datos definitivos*: hasta el 30/06/22
Datos provisionales: hasta el 31/07/23
Datos programados: hasta el 10/08/23
Datos previstos: hasta el 11/08/23
***Nota:** las fechas sin subrayado presentan datos definitivos

Notas

Fuel + Gas: en el sistema eléctrico de Baleares y Canarias se incluye la generación con grupos auxiliares.
Ciclo combinado: incluye funcionamiento en ciclo abierto.
En el sistema eléctrico de Canarias utiliza gasoil como combustible principal.
Cogeneración: incluye residuos hasta el 31/12/2010.

GASES EFECTO INVERNADERO

CONTAMINANTE [UNIDAD]	2019	2020	2021	2022	2023
CO_2 [t $CO_{2\text{-eq}}$/MWh]	0,19	0,15	0,14	0,16	0,12
CH_4 [t/ MWh]	IE	IE	IE	IE	IE
N_2O [t/ MWh]	IE	IE	IE	IE	IE

Ya que REE reporta datos en CO_2 equivalente ($CO_{2\ eq}$) sobre las emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica, los gases de efecto invernadero CH_4 y N_2O quedan englobadas dentro de las emisiones de $CO_{2\ eq}$, y por tanto se reportan conjuntamente.

Alcance 3 - Emisiones directas fuera del término municipal

Aplica para el transporte público urbano y metropolitano que hace parte de su recorrido fuera del término municipal de la ciudad. Los factores de emisión aplicados son los mismos del Alcance 1 para autobuses urbanos.

5 CÁLCULO DE EMISIONES

Considerando toda la información anterior, se indican a continuación las fórmulas de cálculo utilizadas considerando cada categoría de vehículo, de tecnología EURO, de combustible y de pauta de conducción:

Energía consumida (MWh/año) = Distancia recorrida (Km/año) * Factor de consumo (MWh/Km)

Emisiones contaminantes (MWh/año) = Distancia recorrida (Km/año) * Factor de emisión del contaminante analizado (MWh/Km)

Geolocalización de las emisiones

Respecto a la calidad del aire, la ciudad cuenta con el Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza (PRECOZ) que permite generar mapas de predicción de niveles de horarios de concentración esperada para contaminantes atmosféricos como Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Material Particulado ($PM_{2,5}$). Actualmente, se encuentra en desarrollo la segunda versión del PRECOZ que incluirá modelos de dispersión a nivel de calle. Para dotar este sistema con la información requerida, se construye un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite conocer la localización del foco emisor con una resolución espacial de 100mX100m.

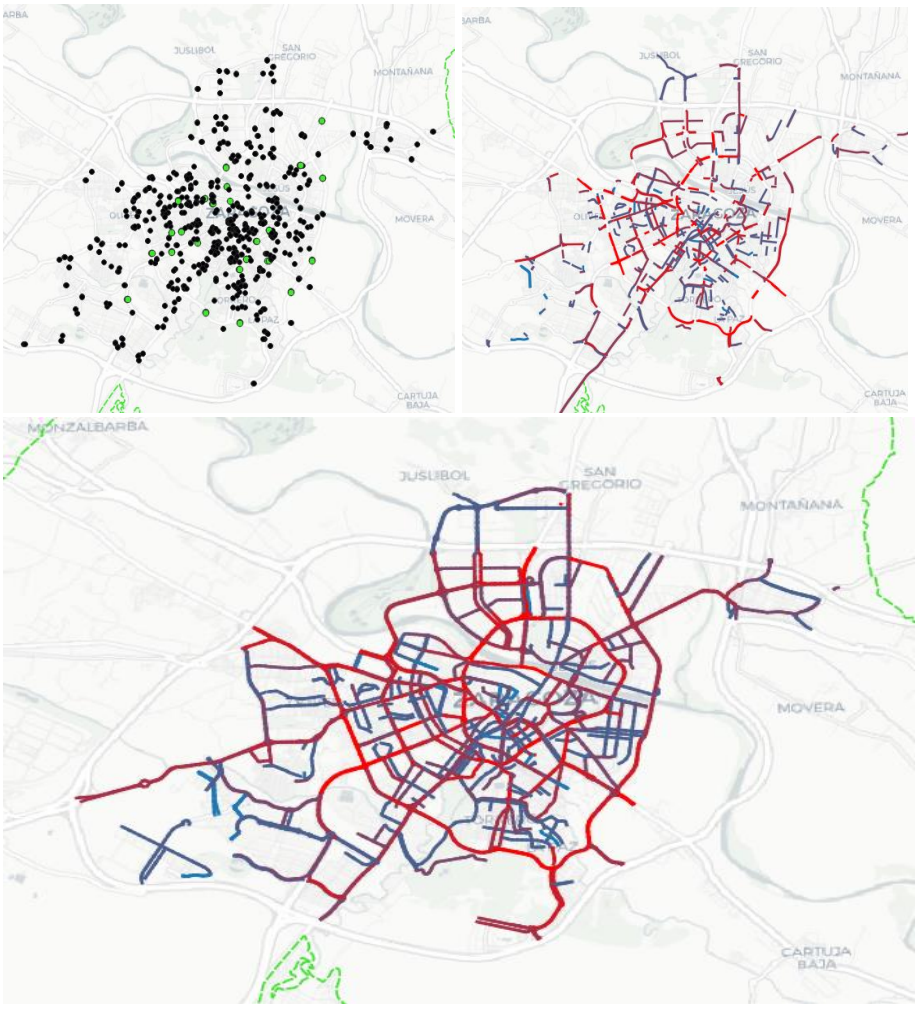
Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

Para el **transporte público**, la distribución geográfica de las emisiones directas, se realiza siguiendo el procedimiento a continuación:

1) Construcción del escenario GIS y de la malla de cálculo 100mx100m.
2) Integración de las líneas de autobuses urbanos y CTAZ dentro del escenario GIS, junto con la información de kilómetros recorridos al año por cada línea.
3) Cuantificación del factor de actividad, es decir, los vehículos-kilómetros anuales por cada tramo de línea dentro de cada celda de la malla de cálculo.
4) Caracterización de la flota vehicular respecto a la tecnología del vehículo (norma EURO, eléctrico, Hibrido, etc.).
5) Cuantificación de los factores de emisión de acuerdo con la metodología EMEP/EEA 2019.
6) Construcción de la base de datos de emisiones anuales del transporte público por celda.
7) Cuantificación de factores temporales para el cálculo de emisiones horarias.
8) Aplicación de factores temporales y cálculo de emisiones horarias.

Para el **transporte privado**, se sigue un proceso similar, salvo por la necesidad de convertir el tráfico medido en estación (elemento puntual) a tráfico a lo largo de las vías (elemento lineal). El proceso es el siguiente:

1) Construcción del escenario GIS, incluyendo la red de vías de tráfico mixto de Zaragoza clasificadas en velocidad baja (residenciales a 30 km/h), media (urbanas a 50 km/h) y alta velocidad (interurbanas) de la malla de cálculo 100mx100m.
2) Consulta de la flota de vehículos matriculados en Zaragoza y distribución porcentual según tipo de vehículo, tipo de tecnología y fuente energética.
3) Consulta de la Intensidad Media Laboral registrada en las estaciones de aforo permanentes y temporales, junto con la localización de la estación de aforo. Información suministrada por el Servicio de Movilidad del Ayuntamiento de Zaragoza.
4) Consulta de la Intensidad Media Laboral registrada en las estaciones de aforo de las vías interurbanas, reportadas en el Mapa de Tráfico del Ministerio de Fomento.
5) Localización de los puntos de medición dentro del escenario GIS.
6) Inicio de un geoprocesos iterativo para localizar la IML en cada calle de la ciudad: primero, se asignó el valor de la IML al tramo más próximo. Esto da lugar a una red incompleta que no permitiría hacer los análisis por calle requeridos por el sistema PRECOZ. Para completar la red es necesario verificar (1) que el nodo final de tramo aforado corresponda con el nodo inicial del siguiente tramo, (2) 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). Lo anterior supuso la construcción de un modelo de cálculo en GIS como se muestra a continuación.



7) Calculo del Factor de Actividad (km recorridos al año en cada celda de análisis) para las vías con urbanas con IML medida.
8) Para las vías residenciales y rurales, se procedió a evaluar una Intensidad Media Laboral calculada a partir de los viajes totales identificados en el PMUS del año 2017 y la densidad de población de cada sección censal.
9) Para las vías interurbanas, se realizó un proceso similar a las vías urbanas a partir de los datos reportados a nivel de vía por el Ministerio de Fomento. Para identificar el tráfico de paso, cuyo origen o destino no es Zaragoza, se realizo un balance entre las entradas y las salidas. Se estimó que 20% de los vehículos atraviesan Zaragoza.
10) Con todos estos datos, se procedió a cuantificar la distancia anual recorrida en cada celda por cada combinación de tipo de vehículo, tipo de tecnología y fuente de energía. Al aplicar los factores de emisión correspondientes, se obtienen las emisiones según lo requerido por el proyecto.

Para la **Flota Municipal**, no es posible conocer la localización de las emisiones.

NOTA:

Cabe destacar que, para el caso de las emisiones indirectas (CO_2 equivalente derivado de los consumos de energía eléctrica), las emisiones calculadas no se emiten propiamente en las celdas asignadas, sino en la ubicación de las instalaciones de generación de energía. No obstante, y según se consensuado con el Ayuntamiento de Zaragoza, dichas emisiones se computan en las celdas de cada instalación, junto con las emisiones directas.

En aquellos casos en los que los consumos disponen de Certificados de Garantía de Origen Renovable de la electricidad (emitidos por sus comercializadoras de energía), las emisiones indirectas se han contabilizado como cero para todos los contaminantes.

www.fcirce.es

Fichas metodológicas – Inventario de emisiones de Zaragoza

SECTOR RESIDUOS

Centro Tecnológico CIRCE
Grupo de Economía Circular
Noviembre 2023

1 CONTROL

CONTROL DE CAMBIOS		
VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
1.0	11/2023	-

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA				
NOMENCLATURA	CÓDIGO			
	INCINERACIÓN DE LODOS	CREMACIÓN	DEPÓSITO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN VERTEDEROS GESTIONADOS	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
SNAP 97	09.02.05	09.09.01	09.04.01	09.10.02
CFR	5C11biii	5C12b1	5A1a	5D1
NFR	5C1biv	5C1bv	5A	5D1

DESCRIPCIÓN METODOLOGICA GENERAL			
CONTAMINANTE	TIER	FUENTE	DESCRIPCIÓN
GASES DE EFECTO INVERNADERO	T1 T3	IPCC 2006 Volumen 2 Capítulo 2	Se utilizan los factores de emisión por defecto por combustible (TIER 1). Para el consumo de energía eléctrica, se utilizan valores nacionales reportados por REE (TIER 3).
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	T2 T1	EMEP/EEA 2019 Capítulo 5C1biv Capítulo 5C1bv Capítulo 5A Capítulo 5D1	Se utilizan los factores de emisión por defecto en función del Combustible consumido (TIER 1, TIER 2).

ABREVIATURAS CRF*	
NO	NO SE PRODUCE [NOT OCURRING]
IE	INCLUIDO EN OTRA PARTE [INCLUDED ELSEWHERE]
NE	NO ESTIMADO / CALCULADO [NOT ESTIMATED]
NA	NO APLICA [NOT APPLICABLE]

C	CONFIDENCIAL

* Common Reporting Format (CRF) of the UNFCCC Reporting Guidelines

2 CONTAMINANTES Y ALCANCES CONSIDERADOS

El inventario de emisiones de Zaragoza reporta Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Contaminantes Atmosféricos. Los contaminantes considerados responden a las necesidades de reporte que el Ayuntamiento de Zaragoza tiene para alcanzar los objetivos y compromisos respecto a:

- Misión de Ciudades y Pacto de las Alcaldías.
- PRECOZ - Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza

GASES DE EFECTO INVERNADERO						
TIPO DE RESIDUO	**CO_2**	**CH_4**	**N_2O**	**HFCs**	**PFCs**	**SF_6**
INCINERACIÓN DE LODOS	✓	✓	✓	NA	NA	NA
CREMACIÓN	✓	✓	✓	NA	NA	NA
DEPÓSITO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN VERTEDEROS GESTIONADOS	✓	✓	✓	NA	NA	NA
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	NA	NA	NA	NA	NA	NA

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS INCINERACIÓN DE LODOS DE AGUAS RESIDUALES																							
CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
NOX	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAF	HCB	PBC
✓	✓	✓	✓	✓	NE	✓	✓	✓	NE	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NE	NE	NE	✓

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS CREMACIÓN																							
CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
NOX	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAF	HCB	PBC
✓	✓	✓	NA	✓	NA	✓	✓	✓	NA	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NE	NE	NE	✓

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DEPÓSITO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN VERTEDEROS GESTIONADOS

CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
NOX	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAF	HCB	PBC
✓	✓	✓	✓	✓	NE	✓	✓	✓	NA	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NA	NA	NA	NA

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES																							
CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
NOX	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAF	HCB	PBC
NA	NA	NA	NA	✓	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

ALCANCE			
CONTAMINANTE	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
GASES DE EFECTO INVERNADERO	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	IE	NA
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	NA	NA

3 FUENTES DE EMISIÓN CONSIDERADAS

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos en los diferentes subsectores de residuos son las siguientes:

Subsector Residuos

- **Alcance 1:** correspondientes a los consumos de combustibles asociados a los sistemas de combustión. Las fuentes de emisión consideradas han sido las siguientes: Cremaciones del cementerio municipal de Torrero (SERFUTOSA), del cementerio de SERVISA y del horno de animales del Complejo para el Tratamiento de Residuos Urbanos de Zaragoza (CTRUZ); 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.
  Toda la información recopilada se ha obtenido por edificio/instalación y los datos han sido facilitados por los siguientes organismos: Servicio del Espacio Urbano y Gestión de Residuos del Ayuntamiento de Zaragoza, Servicio de Medio Ambiente y Sostenibilidad del Ayuntamiento de Zaragoza, Ecociudad Zaragoza S.A.U. (en adelante, Ecociudad), Servicios Funerarios de Torrero S.A. (en adelante, SERFUTOSA) y SERVICIOS ESPECIALES, S.A.U. (en adelante, SERVISA).

  El cálculo de consumos se ha llevado a cabo para las emisiones de gas natural y la incineración de cuerpos, en el caso de las cremaciones. Las emisiones de kg/kg de lodo en el caso de incineración de lodos. Emisiones de biogás y tratamiento de aguas en el caso del tratamiento de aguas y, las emisiones de gas natural, diésel y biogás en el caso de los vertederos.

- **Alcance 2:** Las emisiones indirectas han sido computadas, siguiendo la estructura de informes de emisiones anteriores, dentro del subsector Institucional.

Esta información se ha obtenido y segregado por celda de 100x100 metros, según mallado del mapa del municipio.

Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

4 FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS

Se ha seguido la metodología de aplicación de Factores de emisión por defecto: aplicando un factor de emisión simple, se basa en el conocimiento de situaciones análogas (técnicas de

combustión, combustibles utilizados, etc.) a aquélla de la que se quiere efectuar la estimación, empleando los factores de emisión por defecto que se hayan publicados en las distintas metodologías o bibliografía. Este procedimiento se ha seguido para el cálculo de todos los gases incluidos en el alcance del inventario.

Las fuentes bibliográficas oficiales para la selección de los factores de emisión son las siguientes:

- European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

También se ha utilizado como referencia de apoyo el Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), en su última edición.

Se detallan a continuación los factores de emisión correspondientes a las emisiones directas consideradas:

Alcance 1 - Emisiones directas

Gases efecto invernadero.

Fuente y tecnología: Gas Natural y Gasóleo. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 2. Stationary Combustion Table 2.4 DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE COMMERCIAL/INSTITUTIONAL CATEGORY (kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis)

GASES EFECTO INVERNADERO			
CONTAMINANTE [UNIDAD]	**GAS NATURAL**	**GASÓLEO**	**BIOMASA**
CO_2 [Kg/TJ]	56.100	74.100	112.000
CH_4 [Kg/TJ]	5	300	300
N_2O [Kg/TJ]	0,1	4	4

Contaminantes atmosféricos

Fuente y tecnología: Gas Natural. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 1.A.4 Small combustion. Table 3.8 TIER 1 emission factors for NFR source category 1.A.4.a/c, 1.A.5.a, using gaseous fuels.

Fuente y tecnología: Gasóleo. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 1.A.4 Small combustion. Table 3.9 TIER 1 emission factors for NFR source category 1.A.4.a/c, 1.A.5.a, using liquid fuels.

Fuente y tecnología: Biomasa: EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019; 1.A.4 Small combustion. Table 3.10 TIER 1 emission factors for NFR source category 1.A.4.a/c, 1.A.5.a, using solid biomass.

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS			
CONTAMINANTE [UNIDAD]	**GAS NATURAL**	**GASÓLEO**	**BIOMASA**
NOx [g/GJ]	74	306	91
CO [g/GJ]	29	93	570
SO_x [g/GJ]	0.67	94	11
COV [g/GJ]	NE	NE	NE
COVNM [g/GJ]	23	20	300
NH_3 [g/GJ]	NE	NE	37
$PM_{2.5}$ [g/GJ]	0.78	18	160
PM_{10} [g/GJ]	0.78	21	163
TSP [g/GJ]	0.78	21	170
BC [% of $_{PM2.5}$]	NE	56	28
C6H6 [g/GJ]	NE	NE	NE
Pb [mg/GJ]	0,01	8	27
Cd [mg/GJ]	9,00E-04	0,15	13
Hg [mg/GJ]	0,10	0,10	0,56
As [mg/GJ]	0,10	0,50	0,19
Cr [mg/GJ]	0,01	10	23
Cu [mg/GJ]	0,00	3	6
Ni [mg/GJ]	0,01	125	2
Se [mg/GJ]	0,06	0,10	0,5
Zn [mg/GJ]	0,73	18,00	512
DIOX [ng I-TEQ/GJ]	NA	NA	NA

BENZO_A [µg/GJ]	NA	NA	NA
BENZO_B [µg/GJ]	NA	NA	NA
INDENO_123 [µg/GJ]	NA	NA	NA
PAH [g/GJ]	NA	NA	NA
HCB [µg/GJ]	NA	NA	NA
PCBs [µg/GJ]	NA	NA	NA
TOTAL_POPs [g/GJ]	NA	NA	NA

Alcance 2 - Emisiones indirectas

Gases efecto invernadero.

Fuente y tecnología: Red Eléctrica Española (REE). REData. Publicación oficial y actualizada de la estructura de generación y del factor de emisión anual, en $CO_{2\text{-eq.}}$ Los cáculos correspondientes a este sector se contabilizan dentro del Sector Institucional.

5 CÁLCULO DE EMISIONES

Considerando toda la información anterior, se indican a continuación las fórmulas de cálculo utilizadas.

Emisiones totales (ton) = Energía consumida (GJ) * Factor de emisión del gas contaminante (g/GJ)

Teniendo en cuenta que:

- La energía consumida suele ser facilitada por los usuarios en kWh, por lo que será necesario un cambio de unidades (1 GJ = 277,778 kWh)
  En el caso de emisiones directas, esta energía equivalente al consumo de combustibles llevado a cabo en cada instalación. Para el caso de emisiones indirectas, será la energía eléctrica consumida.
- Los resultados finales se expresan en toneladas de gas, por lo que será necesario un cambio de unidades (1 ton = 10^6 g)

Geolocalización de las emisiones

Respecto a la calidad del aire, la ciudad cuenta con el Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza (PRECOZ) que permite generar mapas de predicción de niveles de horarios de concentración esperada para contaminantes atmosféricos como Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Material Particulado ($PM_{2,5}$). Actualmente, se encuentra en desarrollo la segunda versión del PRECOZ que incluirá modelos de dispersión a nivel de calle. Para dotar este sistema con la información requerida, se construye un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite conocer la localización del foco emisor con una resolución espacial de 100mX100m.

Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

Para los edificios institucionales y del sector servicios, la distribución geográfica de las emisiones directas se realiza siguiendo el procedimiento especificado a continuación:

1) Se recopilan los datos de consumo proporcionados por el Ayuntamiento de Zaragoza y por las entidades colaboradoras, para cada una de las instalaciones.
2) Identificación del factor de emisión aplicable a cada gas contaminante, en función del tipo de combustible utilizado en cada instalación.
3) Se lleva a cabo el cálculo según la fórmula indicada, y se obtienen las emisiones de cada gas para cada una de las instalaciones.
4) A continuación, y mediante un software de Sistemas de Información Geográfica (GIS), se identifica la localización de cada una de las instalaciones en el mapa del término municipal de Zaragoza, al que se le aplica una división por mallado de celdas de 100x100m. Con este mallado, se obtienen las emisiones totales de cada celda.
5) Se calcula el total de emisiones de cada tipo de gas de la sección censal, haciendo la suma de las emisiones de cada instalación comprendida dentro de la sección censal.

www.fcirce.es

Fichas metodológicas – Inventario de emisiones de Zaragoza

SECTOR ENERGIA ESTACIONARIA

EDIFICIOS RESIDENCIALES

Centro Tecnológico CIRCE

Grupo de Economía Circular

Agosto 2023

1 CONTROL

CONTROL DE CAMBIOS		
VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
1.0	08/2023	-

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
	EDIFICIOS RESIDENCIALES
SNAP 97	02.02
CFR	1 A 4 b
NFR	1 A 4 b i

DESCRIPCIÓN METODOLOGICA GENERAL			
CONTAMINANTE	TIER	FUENTE	DESCRIPCIÓN
GASES DE EFECTO INVERNADERO	T1 T3	IPCC 2006 Volumen 2 Capítulo 2	Se utilizan los factores de emisión por defecto por combustible. Para el consumo de energía eléctrica, se utilizan valores nacionales reportados por REE.
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	T2	EMEP/EEA 2019 Capítulo 1A4	Se utilizan los factores de emisión por defecto en función del combustible consumido. Los valores se armonizan con los reportados en el Inventario Nacional de Contaminantes Atmosféricos.

ABREVIATURAS CRF*	
NO	NO SE PRODUCE [NOT OCURRING]
IE	INCLUIDO EN OTRA PARTE [INCLUDED ELSEWHERE]
NE	NO ESTIMADO / CALCULADO [NOT ESTIMATED]
NA	NO APLICA [NOT APPLICABLE]
C	CONFIDENCIAL

* Common Reporting Format (CRF) of the UNFCCC Reporting Guidelines

2 CONTAMINANTES Y ALCANCES CONSIDERADOS

El inventario de emisiones de Zaragoza reporta Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Contaminantes Atmosféricos. Los contaminantes considerados responden a las necesidades de reporte que el Ayuntamiento de Zaragoza tiene para alcanzar los objetivos y compromisos respecto a:

- Misión de Ciudades y Pacto de las Alcaldías.
- PRECOZ - Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza

GASES DE EFECTO INVERNADERO					
CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6
✓	✓	✓	NA	NA	NA

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS																							
CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
NOX	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAF	HCB	PBC
✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ALCANCE			
CONTAMINANTE	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
GASES DE EFECTO INVERNADERO	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	Emisiones que se producen como consecuencia de la utilización de energía suministrada en red dentro del término municipal de Zaragoza	NA
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	NA	NA

3 FUENTES DE EMISIÓN CONSIDERADAS

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos en edificios residenciales son las siguientes:

- **Alcance 1:** correspondientes a los consumos de combustibles asociados a los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria, en viviendas dentro del término municipal de la ciudad de Zaragoza.

  El cálculo de consumos se ha llevado a cabo para los siguientes combustibles: gas natural, gasóleo y biomasa. Para el resto de los combustibles no se han reportado datos.

  Los consumos han sido facilitados por las distribuidoras energéticas que operan la red general de suministro eléctrico.

- **Alcance 2:** correspondientes al consumo de electricidad en las viviendas dentro del término municipal de la ciudad de Zaragoza.

  Los consumos han sido facilitados por las distribuidoras energéticas que operan la red general de suministro eléctrico.

Esta información se ha obtenido y segregado por celda de 100x100 metros, según mallado del mapa del municipio.

Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

4 FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS

Se ha seguido la metodología de aplicación de Factores de emisión por defecto: aplicando un factor de emisión simple, se basa en el conocimiento de situaciones análogas (técnicas de combustión, combustibles utilizados, etc.) a aquélla de la que se quiere efectuar la estimación, empleando los factores de emisión por defecto que se hayan publicados en las distintas metodologías o bibliografía. Este procedimiento se ha seguido para el cálculo de todos los gases incluidos en el alcance del inventario.

Las fuentes bibliográficas oficiales para la selección de los factores de emisión son las siguientes:

- European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Red Eléctrica Española (REE). REData - Estructura generación.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) FACTORES DE EMISIÓN. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Poderes caloríficos de combustibles

También se ha utilizado como referencia de apoyo el Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), en su última edición.

Puesto que los cálculos de emisiones para este sector se dividen entre emisiones directas e indirectas, se detallan a continuación los factores de emisión en función de esta división:

Alcance 1 - Emisiones directas

Gases efecto invernadero.

Fuente y tecnología: Gas Natural, Gasóleo y Biomasa. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 2. Stationary Combustion. Table 2.5 DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE RESIDENTIAL AND AGRICULTURE/FORESTRY/FISHING/FISHING FARMS CATEGORIES (kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis)

GASES EFECTO INVERNADERO			
CONTAMINANTE [UNIDAD]	**GAS NATURAL**	**GASÓLEO**	**BIOMASA**
CO_2 [Kg/TJ]	56.100	74.100	112.000
CH_4 [Kg/TJ]	5	10	300
N_2O [Kg/TJ]	0,1	0,6	4

Contaminantes atmosféricos

Fuente y tecnología: Gas Natural. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 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 2019. 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 2019; 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)

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS			
CONTAMINANTE [UNIDAD]	**GAS NATURAL**	**GASÓLEO**	**BIOMASA**
NOx [g/GJ]	51	51	50
CO [g/GJ]	26	57	4000
SO_x [g/GJ]	0.3	70	11
COV [g/GJ]	NA	NA	NA
COVNM [g/GJ]	1.9	0.69	600
NH_3 [g/GJ]	NE	NE	70
$PM_{2.5}$ [g/GJ]	1.2	1.9	740
PM_{10} [g/GJ]	1.2	1.9	760
TSP [g/GJ]	1.2	1.9	800
BC [% of $_{PM2.5}$]	5.4	8.5	10
C6H6 [g/GJ]	NA	NA	NA
Pb [mg/GJ]	0.0015	0.012	27
Cd [mg/GJ]	0.00025	0.001	13
Hg [mg/GJ]	0.1	0.12	0.56
As [mg/GJ]	0.12	0.002	0.19
Cr [mg/GJ]	0.00076	0.20	23
Cu [mg/GJ]	0.000076	0.13	6
Ni [mg/GJ]	0.00051	0.005	2
Se [mg/GJ]	0.011	0.002	0.5
Zn [mg/GJ]	0.0015	0.42	512

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS			
DIOX [ng I-TEQ/GJ]	1.5	5.9	800
BENZO_A [µg/GJ]	0.56	80	121 mg
BENZO_B [µg/GJ]	0.84	40	111 mg
INDENO_123 [µg/GJ]	0.84	160	71 mg
PAH [g/GJ]	NA	NA	NA
HCB [µg/GJ]	NA	NA	5
PCBs [µg/GJ]	NA	NA	0.06
TOTAL_POPs [g/GJ]	NA	NA	NA

Alcance 2 - Emisiones indirectas

Gases efecto invernadero.

Fuente y tecnología: Red Eléctrica Española (REE). REData. Publicación oficial y actualizada de la estructura de generación y del factor de emisión anual, en $CO_{2\text{-eq.}}$ A continuación, se presentan los valores para los últimos 5 años.

INFORMACIÓN DISPONIBLE EN REDATA.

EMISIONES Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO2 EQ. DE LA GENERACIÓN (tCO2 eq. | tCO2 eq./MWh) | SISTEMA ELÉCTRICO: **Nacional**

Del 2019 al 2023

	2019	2020	2021	2022	2023
Carbón	12.384.273	4.884.685	4.865.740	7.489.053	2.321.900
Fuel + Gas	0	0	0	0	0
Motores diésel	1.998.445	1.641.040	1.720.962	1.742.437	1.017.966
Turbina de gas	675.945	430.930	451.513	703.605	493.149
Turbina de vapor	1.970.362	1.259.999	1.007.828	1.094.299	661.947
Ciclo combinado	21.183.920	17.133.424	17.393.287	26.196.005	10.735.819
Cogeneración	11.253.753	10.068.746	9.688.053	6.645.748	4.237.114
Residuos no renovables	533.391	712.029	780.959	575.052	194.216
Emisiones totales	50.000.090	36.130.855	35.908.341	44.446.199	19.662.110
tCO2 eq./MWh	0,19	0,15	0,14	0,16	0,12

Estado de los datos

Datos definitivos*: hasta el 30/06/22
Datos provisionales: hasta el 31/07/23
Datos programados: hasta el 10/08/23
Datos previstos: hasta el 11/08/23
***Nota:** las fechas sin subrayado presentan datos definitivos

Notas

Fuel + Gas: en el sistema eléctrico de Baleares y Canarias se incluye la generación con grupos auxiliares.
Ciclo combinado: incluye funcionamiento en ciclo abierto.
En el sistema eléctrico de Canarias utiliza gasoil como combustible principal.
Cogeneración: incluye residuos hasta el 31/12/2010.

GASES EFECTO INVERNADERO					
CONTAMINANTE [UNIDAD]	2019	2020	2021	2022	2023
CO_2 [t $CO_{2\text{-eq}}$/MWh]	0,19	0,15	0,14	0,16	0,12
CH_4 [t/ MWh]	IE	IE	IE	IE	IE
N_2O [t/ MWh]	IE	IE	IE	IE	IE

Ya que REE reporta datos en CO_2 equivalente ($CO_{2\ eq}$) sobre las emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica, los gases de efecto invernadero CH_4 y N_2O quedan englobadas dentro de las emisiones de $CO_{2\ eq}$, y por tanto se reportan conjuntamente.

5 CÁLCULO DE EMISIoNES

Considerando toda la información anterior, se indican a continuación las fórmulas de cálculo utilizadas.

Emisiones totales (ton) = Energía consumida (GJ) * Factor de emisión del gas contaminante en el mix eléctrico (g/GJ)

Teniendo en cuenta que:

- La energía consumida suele ser facilitada por los usuarios en kWh, por lo que será necesario un cambio de unidades (1 GJ = 277,778 kWh)
- En el caso de emisiones directas, esta energía equivalente al consumo de combustibles llevado a cabo en cada instalación. Para el caso de emisiones indirectas, será la energía eléctrica consumida.
- Los resultados finales se expresan en toneladas de gas, por lo que será necesario un cambio de unidades (1 ton = 10^6 g)

Geolocalización de las emisiones

Respecto a la calidad del aire, la ciudad cuenta con el Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza (PRECOZ) que permite generar mapas de predicción de niveles de horarios de concentración esperada para contaminantes atmosféricos como Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Material Particulado ($PM_{2,5}$). Actualmente, se encuentra en desarrollo la segunda versión del PRECOZ que incluirá modelos de dispersión a nivel de calle. Para dotar este sistema con la información requerida, se construye un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite conocer la localización del foco emisor con una resolución espacial de 100mX100m.

Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

Para los edificios residenciales, la distribución geográfica de las emisiones directas se realiza siguiendo el procedimiento a continuación:

1) Obtención del dato anual de habitantes del municipio, separado por barrios y secciones censales. Las secciones censales son divididas en espacios de 100x100m (celdas) para generar una mallado de celdas de todo el municipio.
2) Obtención del número de habitantes por celdas de 100x100 metros del mapa del municipio (según secciones censales).
3) A continuación, y mediante un software de Sistemas de Información Geográfica (GIS), se identifica la superficie de base y número de plantas (altura) de los edificios dentro del alcance del inventario. Con este mallado, se calculan los habitantes por edificio multiplicando la densidad de habitantes de la sección censal por la altura y área de base de cada edificio. La densidad de habitantes de la sección censal se consigue mediante el cociente entre el número de habitantes de la sección censal y el área habitable de la misma.
4) Se calcula el área habitable de la sección censal haciendo la suma de las áreas habitables de los edificios comprendidos dentro de cada sección censal (que estaban englobadas en alguna celda de la malla), multiplicando la altura de cada edificio por el área base de este.
5) Se recopilan los datos de consumo térmicos totales facilitados por las distribuidoras, y se calcula un consumo medio de energía térmica por habitante para los tipos de combustibles evaluados.
6) Conociendo el número de plantas y la superficie, se procede a obtener el número de habitantes por celda y, por consiguiente, el consumo medio de energía por celda.
7) Después se calculan las emisiones multiplicando el consumo de cada tipo de combustible por barrio por el número de habitantes por barrio (obtenido a partir de información censal).

NOTA:

Cabe destacar que, para el caso de las emisiones indirectas (CO_2 equivalente derivado de los consumos de energía eléctrica), las emisiones calculadas no se emiten propiamente en las celdas asignadas, sino en la ubicación de las instalaciones de generación de energía. No obstante, y según se consensuado con el Ayuntamiento de Zaragoza, dichas emisiones se computan en las celdas de cada instalación, junto con las emisiones directas.

En aquellos casos en los que las instalaciones disponen de Certificados de Garantía de Origen Renovable de la electricidad que consumen (emitidos por sus comercializadoras de energía), para dichas instalaciones las emisiones indirectas se han contabilizado como cero para todos los contaminantes.

www.fcirce.es

Fichas metodológicas – Inventario de emisiones de Zaragoza

PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

Centro Tecnológico CIRCE

Grupo de Economía Circular

Agosto 2023

1 CONTROL

CONTROL DE CAMBIOS		
VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
1.0	08/2023	-

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS
SNAP 97	040613; 0404; 0405; 0601; 0602; 0603; 0604; 0605; 0606
CFR	
NFR	2.A. 3; 2.B; 2.D-2.L; 2.H

DESCRIPCIÓN METODOLOGICA GENERAL			
CONTAMINANTE	TIER	FUENTE	DESCRIPCIÓN
GASES DE EFECTO INVERNADERO	T1 T2	IPCC 2006 Volumen 3	Se utilizan los factores de emisión por defecto en función del tipo de Instalación, actividad y/o producto producido
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	T1 T2	EMEP/EEA 2019 Capítulo 2	Se utilizan los factores de emisión por defecto en función del tipo de Instalación, actividad y/o producto producido

ABREVIATURAS CRF*	
NO	NO SE PRODUCE [NOT OCURRING]
IE	INCLUIDO EN OTRA PARTE [INCLUDED ELSEWHERE]
NE	NO ESTIMADO / CALCULADO [NOT ESTIMATED]
NA	NO APLICA [NOT APPLICABLE]
C	CONFIDENCIAL

* Common Reporting Format (CRF) of the UNFCCC Reporting Guidelines

2 CONTAMINANTES Y ALCANCES CONSIDERADOS

El inventario de emisiones de Zaragoza reporta Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Contaminantes Atmosféricos. Los contaminantes considerados responden a las necesidades de reporte que el Ayuntamiento de Zaragoza tiene para alcanzar los objetivos y compromisos respecto a:

- Misión de Ciudades y Pacto de las Alcaldías.
- PRECOZ - Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza

GASES DE EFECTO INVERNADERO						
	CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6
Gases Refrigerantes	✓	IE	IE	IE	IE	IE
IPPU	✓	NE	NE	NA	NA	NA

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS																								
	CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
	NOX	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAF	HCB	PBC
Gases Refrigerantes	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
IPPU	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ALCANCE			
CONTAMINANTE	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
GASES DE EFECTO INVERNADERO	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	NA	NA
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	NA	NA

3 FUENTES DE EMISIÓN CONSIDERADAS

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas del consumo de disolventes y productos y la producción de la industria de la alimentación y las bebidas, de la química, del papel y la pasta de papel y del vidrio se limita al alcance 1, es decir, las correspondientes a las emisiones procedentes de la producción/aplicación de un producto.

El cálculo de consumos se ha llevado a cabo para todos los productos/actividades de los que se disponían factores de emisión y datos.

Los datos de producción y uso han sido facilitados por las mismas empresas industriales consultadas para la obtención del inventario de las emisiones de los edificios industriales.

Esta información se ha obtenido y por celda de 100x100 metros, según mallado del mapa del municipio.

4 FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS

Se ha seguido la metodología de aplicación de Factores de emisión por defecto: aplicando un factor de emisión simple, se basa en el conocimiento de situaciones análogas a aquélla de la que se quiere efectuar la estimación, empleando los factores de emisión por defecto que se hayan publicados en las distintas metodologías o bibliografía. Este procedimiento se ha seguido para el cálculo de los gases que están dentro del alcance del inventario y que disponían de un factor de emisión. La estimación o aplicabilidad variaba según el sector.

Las fuentes bibliográficas oficiales para la selección de los factores de emisión son las siguientes:

- European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- PCA de cada uno de los gases refrigerantes

Puesto que los cálculos de emisiones para este sector se dividen entre múltiples sectores, se detallan a continuación los factores de emisión en función del sector:

<u>Industria del metal</u>

- Gases efecto invernadero.

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3 Industrial Processes and Product Use. Chapter 4: Metal Industry Emissions

- Contaminantes atmosféricos

EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 2.C Metal production

<u>Industria de alimentación y bebidas</u>

- Gases efecto invernadero.

NA

- Contaminantes atmosféricos

EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 2. H.2 Food and beverages industry

Disolventes y usos

- Gases efecto invernadero.

NA

- Contaminantes atmosféricos

EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 2. D-2. L Other solvent and product use

Producción de vidrio

- Gases efecto invernadero.

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3 Industrial Processes and Product Use. Chapter 2: Mineral Industry Emissions

- Contaminantes atmosféricos

EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 2.A.3 Glass production

Recargas de gases refrigerantes/Gases fluorados

- Gases efecto invernadero.

Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA)

- Contaminantes atmosféricos

NA

Industria de la pulpa y el papel

- Gases efecto invernadero.

NA

- Contaminantes atmosféricos

EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 2.H.1 Pulp and paper industry

5 CÁLCULO DE EMISIONES

Considerando la información anterior, se indican a continuación las fórmulas de cálculo utilizadas.

Emisiones totales (ton) = Producto producido o consumido (Peso o Volumen) * Factor de emisión del gas contaminante o Potencial de Calentamiento Atmosférico

De todos los sectores analizados, solamente la industria del vidrio presenta, como resultado de contabilizar el porcentaje de vidrio reciclado, una fórmula diferente a la anterior.

Emisiones totales (ton) = Vidrio producido (ton) * Factor de emisión del tipo de vidrio producido * [1 - Tasa media anual de cullet (%)]

Geolocalización de las emisiones directas

Respecto a la calidad del aire, la ciudad cuenta con el Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza (PRECOZ) que permite generar mapas de predicción de niveles de horarios de concentración esperada para contaminantes atmosféricos como Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Material Particulado ($PM_{2,5}$). Actualmente, se encuentra en desarrollo la segunda versión del PRECOZ que incluirá modelos de dispersión a nivel de calle. Para dotar este sistema con la información requerida, se construye un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite conocer la localización del foco emisor con una resolución espacial de 100mX100m.

Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

Para las emisiones procedentes de los procesos y el consumo de productos, la distribución geográfica de las emisiones se realiza siguiendo el procedimiento a continuación:

1) Generación de un mallado de celdas (100x100m) con el que dividir los polígonos industriales en los que se encuentran los edificios industriales.
2) Mediante un software de Sistemas de Información Geográfica (GIS), se identifica la superficie de base de los edificios dentro del alcance del inventario
3) Se recopilan los datos de producción y/o consumo de productos facilitados por las propias empresas de cada polígono, valores que son incorporados al correspondiente polígono que representa a la empresa en el software de GIS.
4) Conociendo la ubicación de los centros industriales y la cantidad de productos consumidos y/o producidos y por ende emisiones, se procede a vincular las emisiones de cada empresa con la celda del mallado en la que se encuentra.

www.fcirce.es

Fichas metodológicas – Inventario de emisiones de Zaragoza

SECTOR INSTITUCIONAL Y SERVICIOS

Centro Tecnológico CIRCE

Grupo de Economía Circular

Noviembre 2023

1 CONTROL

CONTROL DE CAMBIOS		
VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
1.0	11/2023	-

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
	EDIFICIOS INSTITUCIONALES Y SECTOR SERVICIOS
SNAP 97	020100
CFR	1 A 4 a
NFR	1.A.4.a.i

DESCRIPCIÓN METODOLOGICA GENERAL			
CONTAMINANTE	TIER	FUENTE	DESCRIPCIÓN
GASES DE EFECTO INVERNADERO	T1 T3	IPCC 2006 Volumen 2 Capítulo 2	Se utilizan los factores de emisión por defecto por combustible (TIER 1). Para el consumo de energía eléctrica, se utilizan valores nacionales reportados por REE (TIER 3).
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	T1	EMEP/EEA 2019 Capítulo 1A4	Se utilizan los factores de emisión por defecto en función del Combustible consumido (TIER 1).

ABREVIATURAS CRF*	
NO	NO SE PRODUCE [NOT OCURRING]
IE	INCLUIDO EN OTRA PARTE [INCLUDED ELSEWHERE]
NE	NO ESTIMADO / CALCULADO [NOT ESTIMATED]
NA	NO APLICA [NOT APPLICABLE]
C	CONFIDENCIAL

* Common Reporting Format (CRF) of the UNFCCC Reporting Guidelines

2 CONTAMINANTES Y ALCANCES CONSIDERADOS

El inventario de emisiones de Zaragoza reporta Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Contaminantes Atmosféricos. Los contaminantes considerados responden a las necesidades de reporte que el Ayuntamiento de Zaragoza tiene para alcanzar los objetivos y compromisos respecto a:

- Misión de Ciudades y Pacto de las Alcaldías.
- PRECOZ - Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza

GASES DE EFECTO INVERNADERO					
CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6
✓	✓	✓	NA	NA	NA

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS																							
CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
NOX	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAF	HCB	PBC
✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ALCANCE			
CONTAMINANTE	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
GASES DE EFECTO INVERNADERO	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	Emisiones que se producen como consecuencia de la utilización de energía suministrada en red dentro del término municipal de Zaragoza	NA
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	NA	NA

3 FUENTES DE EMISIÓN CONSIDERADAS

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos en edificios institucionales y de servicios son las siguientes:

Subsector Servicios públicos e institucionales

- **Alcance 1:** correspondientes a los consumos de combustibles asociados a los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria, en instalaciones de titularidad pública 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.
  El cálculo de consumos se ha llevado a cabo para los siguientes combustibles: gas natural, gasóleo, gasolina, GLP, propano y biomasa.
  Los consumos han sido facilitados por el Ayuntamiento de Zaragoza.

- **Alcance 2:** correspondientes al consumo de electricidad en todas las instalaciones englobadas en el cálculo de emisiones directas de este subsector.
  Los consumos han sido facilitados por el Ayuntamiento de Zaragoza.

Subsector Servicios

- **Alcance 1:** correspondientes a los consumos de combustibles asociados a los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria, en las siguientes instalaciones: Universidad, Centros comerciales, Estación de tren 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.
  El cálculo de consumos se ha llevado a cabo para los siguientes combustibles: gas natural, gasóleo, gasolina, GLP, propano y biomasa.
  Los consumos han sido facilitados individualmente por cada una de las instalaciones citadas.

- **Alcance 2:** correspondientes al consumo de electricidad en todas las instalaciones englobadas en el cálculo de emisiones directas de este subsector.
  Los consumos han sido facilitados individualmente por cada una de las instalaciones citadas.

Esta información se ha obtenido y segregado por celda de 100x100 metros, según mallado del mapa del municipio.

Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

4 FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS

Se ha seguido la metodología de aplicación de Factores de emisión por defecto: aplicando un factor de emisión simple, se basa en el conocimiento de situaciones análogas (técnicas de combustión, combustibles utilizados, etc.) a aquélla de la que se quiere efectuar la estimación, empleando los factores de emisión por defecto que se hayan publicados en las distintas metodologías o bibliografía. Este procedimiento se ha seguido para el cálculo de todos los gases incluidos en el alcance del inventario.

Las fuentes bibliográficas oficiales para la selección de los factores de emisión son las siguientes:

- European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Red Eléctrica Española (REE). REData - Estructura generación.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Poderes caloríficos de combustibles

También se ha utilizado como referencia de apoyo el Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), en su última edición.

Puesto que los cálculos de emisiones para este sector se dividen entre emisiones directas e indirectas, se detallan a continuación los factores de emisión en función de esta división:

Alcance 1 - Emisiones directas

<u>Gases efecto invernadero.</u>

Fuente y tecnología: Gas Natural, Gasóleo y Biomasa. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 2. Stationary Combustion Table 2.4 DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE COMMERCIAL/INSTITUTIONAL CATEGORY (kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis)

GASES EFECTO INVERNADERO			
CONTAMINANTE [UNIDAD]	**GAS NATURAL**	**GASÓLEO**	**BIOMASA**
CO_2 [Kg/TJ]	56.100	74.100	112.000
CH_4 [Kg/TJ]	5	10	300
N_2O [Kg/TJ]	0,1	0,6	4

Contaminantes atmosféricos

Fuente y tecnología: Gas Natural. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 1.A.4 Small combustion. Table 3.8 TIER 1 emission factors for NFR source category 1.A.4.a/c, 1.A.5.a, using gaseous fuels.

Fuente y tecnología: Gasóleo. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 1.A.4 Small combustion. Table 3.9 TIER 1 emission factors for NFR source category 1.A.4.a/c, 1.A.5.a, using liquid fuels.

Fuente y tecnología: Biomasa. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019; 1.A.4 Small combustion. Table 3.10 TIER 1 emission factors for NFR source category 1.A.4.a/c, 1.A.5.a, using solid biomass.

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS			
CONTAMINANTE [UNIDAD]	**GAS NATURAL**	**GASÓLEO**	**BIOMASA**
NOx [g/GJ]	74	360	91
CO [g/GJ]	29	93	570
SO_x [g/GJ]	0.67	94	11
COV [g/GJ]	NA	NA	NA
COVNM [g/GJ]	23	20	300
NH_3 [g/GJ]	NE	NE	

$PM_{2.5}$ [g/GJ]	0.78	18	160
PM_{10} [g/GJ]	0.78	21	163
TSP [g/GJ]	0.78	21	170
BC [% of $_{PM2.5}$]	4	56	28
C6H6 [g/GJ]	NA	NA	NA
Pb [mg/GJ]	0,01	8,00	27,00
Cd [mg/GJ]	0,00	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]	0,00	3,00	6,00
Ni [mg/GJ]	0,01	125,00	2,00
Se [mg/GJ]	0,06	0,10	0,50
Zn [mg/GJ]	0,73	18,00	512,00
DIOX [ng I-TEQ/GJ]	0,52	6	100
BENZO_A [µg/GJ]	0,72	1,90	10
BENZO_B [µg/GJ]	2,90	15	16
INDENO_123 [µg/GJ]	1,08	1,50	4
PAH [g/GJ]	NA	NA	NA
HCB [µg/GJ]	NA	0,22	5
PCBs [µg/GJ]	NA	0,13	0,06
TOTAL_POPs [g/GJ]	NA	NA	NA

Alcance 2 - Emisiones indirectas

Gases efecto invernadero.

Fuente y tecnología: Red Eléctrica Española (REE). REData. Publicación oficial y actualizada de la estructura de generación y del factor de emisión anual, en $CO_{2\text{-eq.}}$ A continuación, se presentan los valores para los últimos 5 años.

INFORMACIÓN DISPONIBLE EN REDATA.

EMISIONES Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO2 EQ. DE LA GENERACIÓN (tCO2 eq. | tCO2 eq./MWh) | SISTEMA ELÉCTRICO: Nacional

Del 2019 al 2023

	2019	2020	2021	2022	2023
Carbón	12.384.273	4.884.685	4.865.740	7.489.053	2.321.900
Fuel + Gas	0	0	0	0	0
Motores diésel	1.998.445	1.641.040	1.720.962	1.742.437	1.017.966
Turbina de gas	675.945	430.930	451.513	703.605	493.149
Turbina de vapor	1.970.362	1.259.999	1.007.828	1.094.299	661.947
Ciclo combinado	21.183.920	17.133.424	17.393.287	26.196.005	10.735.819
Cogeneración	11.253.753	10.068.746	9.688.053	6.645.748	4.237.114
Residuos no renovables	533.391	712.029	780.959	575.052	194.216
Emisiones totales	50.000.090	36.130.855	35.908.341	44.446.199	19.662.110
tCO2 eq./MWh	0,19	0,15	0,14	0,16	0,12

Estado de los datos

Datos definitivos*: hasta el 30/06/22
Datos provisionales: hasta el 31/07/23
Datos programados: hasta el 10/08/23
Datos previstos: hasta el 11/08/23
***Nota:** las fechas sin subrayado presentan datos definitivos

Notas

Fuel + Gas: en el sistema eléctrico de Baleares y Canarias se incluye la generación con grupos auxiliares.
Ciclo combinado: incluye funcionamiento en ciclo abierto.
En el sistema eléctrico de Canarias utiliza gasoil como combustible principal.
Cogeneración: incluye residuos hasta el 31/12/2010.

GASES EFECTO INVERNADERO

CONTAMINANTE [UNIDAD]	2019	2020	2021	2022	2023
CO_2 [Kg $CO_{2\text{-eq}}$/TJ]	0,19	0,15	0,14	0,16	0,12
CH_4 [Kg/TJ]	IE	IE	IE	IE	IE
N_2O [Kg/TJ]	IE	IE	IE	IE	IE

Ya que REE reporta datos en CO_2 equivalente ($CO_{2\ eq}$) sobre las emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica, los gases de efecto invernadero CH_4 y N_2O quedan englobadas dentro de las emisiones de $CO_{2\ eq}$, y por tanto se reportan conjuntamente.

5 CÁLCULO DE EMISIONES

Considerando toda la información anterior, se indican a continuación las fórmulas de cálculo utilizadas.

Emisiones totales (ton) = Energía consumida (GJ) * Factor de emisión del gas contaminante (g/GJ)

Teniendo en cuenta que:

- La energía consumida suele ser facilitada por los usuarios en kWh, por lo que será necesario un cambio de unidades (1 GJ = 277,778 kWh)
  En el caso de emisiones directas, esta energía equivalente al consumo de combustibles llevado a cabo en cada instalación. Para el caso de emisiones indirectas, será la energía eléctrica consumida.
- Los resultados finales se expresan en toneladas de gas, por lo que será necesario un cambio de unidades (1 ton = 10^6 g)

Geolocalización de las emisiones

Respecto a la calidad del aire, la ciudad cuenta con el Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza (PRECOZ) que permite generar mapas de predicción de niveles de horarios de concentración esperada para contaminantes atmosféricos como Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Material Particulado ($PM_{2,5}$). Para dotar este sistema con la información requerida, se construye un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite conocer la localización del foco emisor con una resolución espacial de 100mX100m.

Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

Para los edificios institucionales y del sector servicios, la distribución geográfica de las emisiones directas e indirectas se realiza siguiendo el procedimiento especificado a continuación:

1) Se recopilan los datos de consumo térmicos y eléctricos facilitados por el Ayuntamiento de Zaragoza y por las entidades colaboradoras, para cada una de las instalaciones.
2) Identificación del factor de emisión aplicable a cada gas de efecto invernadero y gas contaminante, en función del tipo de combustible utilizado en cada instalación.
3) Se lleva a cabo el cálculo según la fórmula indicada, y se obtienen las emisiones de cada gas para cada una de las instalaciones.
4) A continuación, y mediante un software de Sistemas de Información Geográfica (GIS), se identifica la localización de cada una de las instalaciones en el mapa del término municipal de Zaragoza, al que se le aplica una división por mallado de celdas de 100x100m. Con este mallado, se obtienen las emisiones totales de cada celda.

NOTA:

Cabe destacar que, para el caso de las emisiones indirectas (CO_2 equivalente derivado de los consumos de energía eléctrica), las emisiones calculadas no se emiten propiamente en las celdas asignadas, sino en la ubicación de las instalaciones de generación de energía. No obstante, y según se consensuado con el Ayuntamiento de Zaragoza, dichas emisiones se computan en las celdas de cada instalación, junto con las emisiones directas.

En aquellos casos en los que las instalaciones disponen de Certificados de Garantía de Origen Renovable de la electricidad que consumen (emitidos por sus comercializadoras de energía), para dichas instalaciones las emisiones indirectas se han contabilizado como cero para todos los contaminantes.

www.fcirce.es

Fichas metodológicas – Inventario de emisiones de Zaragoza

SECTOR ENERGIA ESTACIONARIA

EDIFICIOS INDUSTRIALES

Centro Tecnológico CIRCE

Grupo de Economía Circular

Agosto 2023

1 CONTROL

CONTROL DE CAMBIOS		
VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
1.0	08/2023	-

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
	EDIFICIOS INDUSTRIALES
SNAP 97	03
CFR	
NFR	1. A. 2

DESCRIPCIÓN METODOLOGICA GENERAL			
CONTAMINANTE	TIER	FUENTE	DESCRIPCIÓN
GASES DE EFECTO INVERNADERO	T1 T2 T3	IPCC 2006 Volumen 2 Capítulo 2	Se utilizan los factores de emisión por defecto en función del tipo de Instalación y combustible consumido
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	T2	EMEP/EEA 2019 Capítulo 1. A. 2	Se utilizan los factores de emisión por defecto en función del tipo de Instalación y Combustible consumido

ABREVIATURAS CRF*	
NO	NO SE PRODUCE [NOT OCURRING]
IE	INCLUIDO EN OTRA PARTE [INCLUDED ELSEWHERE]
NE	NO ESTIMADO / CALCULADO [NOT ESTIMATED]
NA	NO APLICA [NOT APPLICABLE]
C	CONFIDENCIAL

* Common Reporting Format (CRF) of the UNFCCC Reporting Guidelines

2 CONTAMINANTES Y ALCANCES CONSIDERADOS

El inventario de emisiones de Zaragoza reporta Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Contaminantes Atmosféricos. Los contaminantes considerados responden a las necesidades de reporte que el Ayuntamiento de Zaragoza tiene para alcanzar los objetivos y compromisos respecto a:

- Misión de Ciudades y Pacto de las Alcaldías.
- PRECOZ - Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza

GASES DE EFECTO INVERNADERO					
CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6
✓	✓	✓	NA	NA	NA

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS																							
CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
NOX	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAF	HCB	PBC
✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NA	NA	NA

ALCANCE			
CONTAMINANTE	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
GASES DE EFECTO INVERNADERO	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	Emisiones que se producen como consecuencia de la utilización de energía suministrada en red dentro del término municipal de Zaragoza	NA
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	NA	NA

3 FUENTES DE EMISIÓN CONSIDERADAS

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones derivadas de consumos en edificios industriales son las siguientes:

- **Alcance 1:** correspondientes a los consumos de combustibles asociados a los sistemas de combustión para calefacción y agua caliente sanitaria, en los edificios industriales dentro del término municipal de la ciudad de Zaragoza.

  El cálculo de consumos se ha llevado a cabo para los siguientes combustibles: gas natural, gasóleo y biomasa. Para el resto de los combustibles no se han reportado datos.

  Los consumos han sido facilitados por las distribuidoras energéticas que operan la red general de suministro eléctrico.

- **Alcance 2:** correspondientes al consumo de electricidad de los edificios industriales dentro del término municipal de la ciudad de Zaragoza.

  Los consumos han sido facilitados por las distribuidoras energéticas que operan la red general de suministro eléctrico.

Esta información se ha obtenido y segregado por polígono industrial y por celda de 100x100 metros, según mallado del mapa del municipio.

4 FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS

Se ha seguido la metodología de aplicación de Factores de emisión por defecto: aplicando un factor de emisión simple, se basa en el conocimiento de situaciones análogas (técnicas de combustión, combustibles utilizados, etc.) a aquélla de la que se quiere efectuar la estimación, empleando los factores de emisión por defecto que se hayan publicados en las distintas metodologías o bibliografía. Este procedimiento se ha seguido para el cálculo de todos los gases incluidos en el alcance del inventario.

Las fuentes bibliográficas oficiales para la selección de los factores de emisión son las siguientes:

- European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Red Eléctrica Española (REE). REData - Estructura generación.

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) FACTORES DE EMISIÓN. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Poderes caloríficos de combustibles

También se ha utilizado como referencia de apoyo el Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), en su última edición.

Puesto que los cálculos de emisiones para este sector se dividen entre emisiones directas e indirectas, se detallan a continuación los factores de emisión en función de esta división:

Alcance 1 - Emisiones directas

Gases efecto invernadero.

Fuente y tecnología: Gas Natural, Gasóleo y Biomasa. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 2. Stationary Combustion. Table 2.3 DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN MANUFACTURING INDUSTRIES AND CONSTRUCTION (kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis)

GASES EFECTO INVERNADERO			
CONTAMINANTE [UNIDAD]	**GAS NATURAL**	**GASÓLEO**	**BIOMASA**
CO_2 [Kg/TJ]	56.100	74.100	112.000
CH_4 [Kg/TJ]	1	3	30
N_2O [Kg/TJ]	0,1	0,6	4

Contaminantes atmosféricos

Fuente y tecnología: Gas Natural. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 1.A.2 Combustion in manufacturing industries and construction. Table 3-3 Tier 1 emission factors

Fuente y tecnología: Gasóleo. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 1.A.2 Combustion in manufacturing industries and construction. Table 3-4 Tier 1 emission factors

Fuente y tecnología: Biomasa: EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019; 1.A.2 Combustion in manufacturing industries and construction. Table 3-5 Tier 1 emission factors

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS			
CONTAMINANTE [UNIDAD]	**GAS NATURAL**	**GASÓLEO**	**BIOMASA**
NOx [g/GJ]	74	513	91
CO [g/GJ]	29	66	570
SO_x [g/GJ]	0.67	47	11
COV [g/GJ]	NA	NA	NA
COVNM [g/GJ]	23	25	300
NH_3 [g/GJ]	NE	NE	1.2
$PM_{2.5}$ [g/GJ]	0.78	20	140
PM_{10} [g/GJ]	0.78	20	143
TSP [g/GJ]	0.778	20	150
BC [% of $_{PM2.5}$]	4.0	56	28
C6H6 [g/GJ]	NA	NA	NA
Pb [mg/GJ]	0.011	0.08	27
Cd [mg/GJ]	0.0009	0.006	13
Hg [mg/GJ]	0.54	0.12	0.56
As [mg/GJ]	0.10	0.03	0.19
Cr [mg/GJ]	0.013	0.20	23
Cu [mg/GJ]	0.0026	0.22	6
Ni [mg/GJ]	0.013	0.008	2
Se [mg/GJ]	0.058	0.11	0.5
Zn [mg/GJ]	0.73	29	512
DIOX [ng I-TEQ/GJ]	0.52	1.4	100
BENZO_A [µg/GJ]	0.72	1.9	10
BENZO_B [µg/GJ]	2.9	15	16
INDENO_123 [g/GJ]	1.08	1.5	4
PAH [g/GJ]	NA	NA	NA

HCB [µg/GJ]	NA	NA	5
PCBs [µg/GJ]	NA	NA	0.06
TOTAL_POPs [g/GJ]	NA	NA	NA

Alcance 2 - Emisiones indirectas

Gases efecto invernadero.

Fuente y tecnología: Red Eléctrica Española (REE). REData. Publicación oficial y actualizada de la estructura de generación y del factor de emisión anual, en $CO_{2\text{-eq.}}$ A continuación, se presentan los valores para los últimos 5 años.

INFORMACIÓN DISPONIBLE EN REDATA.

EMISIONES Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO2 EQ. DE LA GENERACIÓN (tCO2 eq. | tCO2 eq./MWh) | SISTEMA ELÉCTRICO: **Nacional**

Del 2019 al 2023

	2019	2020	2021	2022	2023
Carbón	12.384.273	4.884.685	4.865.740	7.489.053	2.321.900
Fuel + Gas	0	0	0	0	0
Motores diésel	1.998.445	1.641.040	1.720.962	1.742.437	1.017.966
Turbina de gas	675.945	430.930	451.513	703.605	493.149
Turbina de vapor	1.970.362	1.259.999	1.007.828	1.094.299	661.947
Ciclo combinado	21.183.920	17.133.424	17.393.287	26.196.005	10.735.819
Cogeneración	11.253.753	10.068.746	9.688.053	6.645.748	4.237.114
Residuos no renovables	533.391	712.029	780.959	575.052	194.216
Emisiones totales	50.000.090	36.130.855	35.908.341	44.446.199	19.662.110
tCO2 eq./MWh	0,19	0,15	0,14	0,16	0,12

Estado de los datos

Datos definitivos*: hasta el 30/06/22
Datos provisionales: hasta el 31/07/23
Datos programados: hasta el 10/08/23
Datos previstos: hasta el 11/08/23
***Nota:** las fechas sin subrayado presentan datos definitivos

Notas

Fuel + Gas: en el sistema eléctrico de Baleares y Canarias se incluye la generación con grupos auxiliares.
Ciclo combinado: incluye funcionamiento en ciclo abierto.
En el sistema eléctrico de Canarias utiliza gasoil como combustible principal.
Cogeneración: incluye residuos hasta el 31/12/2010.

GASES EFECTO INVERNADERO

CONTAMINANTE [UNIDAD]	2019	2020	2021	2022	2023
CO_2 [Kg $CO_{2\text{-eq}}$/TJ]	0,19	0,15	0,14	0,16	0,12

CH_4 [Kg/TJ]	IE	IE	IE	IE	IE
N_2O [Kg/TJ]	IE	IE	IE	IE	IE

Ya que REE reporta datos en CO_2 equivalente ($CO_{2\ eq}$) sobre las emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica, los gases de efecto invernadero CH_4 y N_2O quedan englobadas dentro de las emisiones de $CO_{2\ eq}$, y por tanto se reportan conjuntamente.

5 CÁLCULO DE EMISIONES

Considerando toda la información anterior, se indican a continuación las fórmulas de cálculo utilizadas.

Emisiones totales (ton) = Electricidad consumida (GJ) * Factor de emisión del gas contaminante en el mix eléctrico (g/GJ)

Teniendo en cuenta que:

- La energía consumida suele ser facilitada por los usuarios en kWh, por lo que será necesario un cambio de unidades (1 GJ = 277,778 kWh)
  En el caso de emisiones directas, esta energía equivalente al consumo de combustibles llevado a cabo en cada instalación. Para el caso de emisiones indirectas, será la energía eléctrica consumida.
- Los resultados finales se expresan en toneladas de gas, por lo que será necesario un cambio de unidades (1 ton = 10^6 g)

Geolocalización de las emisiones directas

Respecto a la calidad del aire, la ciudad cuenta con el Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza (PRECOZ) que permite generar mapas de predicción de niveles de horarios de concentración esperada para contaminantes atmosféricos como Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Material Particulado ($PM_{2,5}$). Actualmente, se encuentra en desarrollo la segunda versión del PRECOZ que incluirá modelos de dispersión a nivel de calle. Para dotar este sistema con la información requerida, se construye un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite conocer la localización del foco emisor con una resolución espacial de 100mX100m.

Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

Para los edificios industriales, la distribución geográfica de las emisiones directas, se realiza siguiendo el procedimiento a continuación:

1) Generación de un mallado de celdas (100x100m) con el que dividir los polígonos industriales en los que se encuentran los edificios industriales.
2) Mediante un software de Sistemas de Información Geográfica (GIS), se identifica la superficie de base de los edificios dentro del alcance del inventario
3) Se recopilan los datos de consumo totales de gas natural, gasoil y biomasa facilitados por las propias empresas de cada polígono, valores que son incorporados al correspondiente polígono que representa a la empresa en el software de GIS.
4) Conociendo la ubicación de los centros industriales y sus consumos y por ende emisiones, se procede a vincular las emisiones de cada empresa con la celda del mallado en la que se encuentra.

Geolocalización de las emisiones indirectas

En el caso de las emisiones indirectas (CO_2 equivalente derivado de los consumos de energía eléctrica), las emisiones calculadas no se emiten propiamente en las celdas asignadas, sino en la ubicación de las instalaciones de generación de energía. No obstante, y según se consensuado con el Ayuntamiento de Zaragoza, dichas emisiones se computan en las celdas de cada instalación, junto con las emisiones directas.

En aquellos casos en los que las instalaciones disponen de Certificados de Garantía de Origen Renovable de la electricidad que consumen (emitidos por sus comercializadoras de energía), para dichas instalaciones las emisiones indirectas se han contabilizado como cero para todos los contaminantes.

www.fcirce.es

Fichas metodológicas – Inventario de emisiones de Zaragoza

SECTOR AGRICULTURA Y GANADERÍA (AFOLU)

Centro Tecnológico CIRCE

Grupo de Economía Circular

Noviembre 2023

1 CONTROL

CONTROL DE CAMBIOS		
VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
1.0	11/2023	-

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
	AGRICULTURA
SNAP 97	10.01 (aplicación fertilizantes nitrogenados minerales)
CFR	3D11
NFR	3Da1

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
	GANADERÍA
SNAP 97	10.04 (Fermentación entérica) 10.05, 10.09 (gestión estiércol)
CFR	3AX (fermentación entérica) 3BX (gestión del estiércol)
NFR	3.A, 3.B

DESCRIPCIÓN METODOLOGICA GENERAL			
CONTAMINANTE	TIER	FUENTE	DESCRIPCIÓN
GASES DE EFECTO INVERNADERO (AGRICULTURA)	T1	IPCC 2006 Volumen 4 Capítulo 11	Se utilizan los factores de emisión por defecto para el abono mineral inorgánico (TIER 1).
GASES DE EFECTO INVERNADERO (GANADERÍA)	T1	IPCC 2006 Volumen 4 Capítulo 10	Se utilizan los factores de emisión por defecto por tipo de ganado (TIER 1).
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	T1	EMEP/EEA 2019	Se utilizan los factores de emisión por defecto en función del tipo de cultivo (TIER 1).

(AGRICULTURA Y GANADERÍA)		Capítulo 3	Se utilizan los factores de emisión por defecto en función del tipo de ganado (TIER 1).

ABREVIATURAS CRF*	
NO	NO SE PRODUCE [NOT OCURRING]
IE	INCLUIDO EN OTRA PARTE [INCLUDED ELSEWHERE]
NE	NO ESTIMADO / CALCULADO [NOT ESTIMATED]
NA	NO APLICA [NOT APPLICABLE]
C	CONFIDENCIAL

* Common Reporting Format (CRF) of the UNFCCC Reporting Guidelines

2 CONTAMINANTES Y ALCANCES CONSIDERADOS

El inventario de emisiones de Zaragoza reporta Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Contaminantes Atmosféricos. Los contaminantes considerados responden a las necesidades de reporte que el Ayuntamiento de Zaragoza tiene para alcanzar los objetivos y compromisos respecto a:

- Misión de Ciudades y Pacto de las Alcaldías.
- PRECOZ - Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza

AGRICULTURA

GASES DE EFECTO INVERNADERO					
CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6
NA	NA	✓	NA	NA	NA

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS																							
CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
NOx	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAF	HCB	PBC
✓	NA	NA	NA	✓	✓	✓	✓	✓	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

ALCANCE			
CONTAMINANTE	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
GASES DE EFECTO INVERNADERO	Emisiones provenientes de la aplicación de abono inorgánico en cultivos	NA	NA
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	Emisiones provenientes de la aplicación de abono inorgánico en cultivos	NA	NA

GANADERÍA

GASES DE EFECTO INVERNADERO					
CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6
NA	✓	✓	NA	NA	NA

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS																							
CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
NOx	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAF	HCB	PBC
✓	NA	NA	NA	✓	✓	✓	✓	✓	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

ALCANCE			
CONTAMINANTE	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
GASES DE EFECTO INVERNADERO	Emisiones provenientes de la fermentación entérica y la gestión de estiércoles.	NA	NA
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	Emisiones provenientes de la fermentación entérica y la gestión de estiércoles.	NA	NA

3 FUENTES DE EMISIÓN CONSIDERADAS

Las fuentes de emisión consideradas en el cálculo de las emisiones son las siguientes:

- **Agricultura, Alcance 1:** 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. La información ha sido facilitada por la Federación Aragonesa de Cooperativas Agrarias (FACA).
  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.
  No es posible localizar las emisiones por celdas ya que, debido a la normativa aplicable de Protección de Datos, la información de los cultivos no ha sido cedida por ubicación sino en total, por cada tipo de cultivo, para el municipio de Zaragoza.

- **Ganadería, Alcance 1:** 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.
  La información ha sido facilitada por el Sistema Integral de Trazabilidad Animal (SITRAN), perteneciente al Servicio de Sanidad, Trazabilidad y Bienestar Animal del Gobierno de Aragón.
  Las emisiones se han obtenido por foco de emisión y por tipo de ganado.

No se han contemplado dentro de este apartado 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.

4 FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS

Se ha seguido la metodología de aplicación de Factores de emisión por defecto: aplicando un factor de emisión simple, se basa en el conocimiento de situaciones análogas (técnicas de abonado y gestión de estiércoles, tipos de ganado, etc.) a aquélla de la que se quiere efectuar la estimación, empleando los factores de emisión por defecto que se hayan publicados en las distintas metodologías o bibliografía. Este procedimiento se ha seguido para el cálculo de todos los gases incluidos en el alcance del inventario.

Las fuentes bibliográficas oficiales para la selección de los factores de emisión son las siguientes:

- European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Guía Práctica de la Fertilización Racional de los cultivos en España, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2009).

También se ha utilizado como referencia de apoyo el Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), en su última edición.

Agricultura Alcance 1 - Emisiones directas

Gases efecto invernadero

Fuente: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volumen 4, Capítulo 11. Emisiones de n2o de los suelos gestionados y emisiones de co2 derivadas de la aplicación de cal y urea (Abono N inorgánico).

GASES EFECTO INVERNADERO		
Subsector	**CONTAMINANTE [UNIDAD]**	**Fertilizante inorgánico**
AGRICULTURA	N_2O [kg N_20/kg N]	0,01

Contaminantes atmosféricos

Fuente: EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 3.D Crop production and agricultural soils, Table 3.1 EF for source category 3.D, TIER 1.

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS	
CONTAMINANTE [UNIDAD]	**ABONO INORGÁNICO**
NOx [kg/ha]	NA
CO [kg/ha]	NA
SO_x [kg/ha]	NA
COV [kg/ha]	NA
COVNM [kg/ha]	0,86
NH_3 [kg/kg fertilizante]	0,05
NO [kg/kg fertilizante]	0,04
$PM_{2.5}$ [kg/ha]	0,06
PM_{10} [kg/ha]	1,56
TSP [kg/ha]	1,56
BC [% of $_{PM2.5}$]	NA
C6H6 [kg/ha]	NA
Pb [kg/ha]	NA
Cd [kg/ha]	NA
Hg [kg/ha]	NA
As [kg/ha]	NA
Cr [kg/ha]	NA
Cu [kg/ha]	NA
Ni [kg/ha]	NA
Se [kg/ha]	NA
Zn [kg/ha]	NA
DIOX [ng I-TEQ/GJ]	NA
BENZO_A [kg/ha]	NA
BENZO_B [kg/ha]	NA
INDENO_123 [kg/ha]	NA
PAH [kg/ha]	NA
HCB [kg/ha]	NA
PCBs [kg/ha]	NA
TOTAL_POPs [kg/ha]	NA

Ganadería Alcance 1 - Emisiones directas

Gases efecto invernadero.

Fuente: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volumen 4, Capítulo 11. Emisiones de N_2O de los suelos gestionados y emisiones de co2 derivadas de la aplicación de cal y urea (Abono N inorgánico).

GASES EFECTO INVERNADERO								
CONTAMINANTE [UNIDAD]	**Bovino (leche)**	**Bovino (resto)**	**Ovino**	**Caprino**	**Porcino**	**Equino**	**Cunícola**	**Avícola**
CH_4 Fermentación entérica [Kg/cabeza de ganado y año]	126	52	5	5	1,5	18	2	0
CH_4 Gestión del estiércol [Kg/cabeza de ganado y año]	34	10	0,28	0,2	9	2,34	0,08	0,023
N_2O Gestión del estiércol [Kg/año]	2,91	2,76	0	0	32,07	0	0	413,67

Contaminantes atmosféricos

Fuente: EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 3.B Manure Management, Table 3.2 Default Tier 1 EF (EFNH3) for calculation of NH3 emissions from manure management. Figures are annually averaged emissions in kg AAP–1 a–1 NH3, as defined in subsection 3.3.1.

Fuente: EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 3.B Manure Management, Table 3.3 Default Tier 1 EFs for NO (as NO2) from stored manure. According to Annex I of the NFR Reporting Guidelines, NO emissions have to be reported as NO2, hence the EFs below are provided as NO_2.

Fuente: EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 3.B Manure Management, Table 3.4 Default Tier 1 EFs for NMVOCs.

Fuente: EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. 3.B Manure Management, Table 3.5 Default Tier 1 estimates of EF for particle emissions from livestock husbandry (housing).

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS								
CONTAMINANTE [UNIDAD]	**Bovino (leche)**	**Bovino (resto)**	**Ovino**	**Caprino**	**Porcino**	**Equino**	**Cunícola**	**Avícola**
NOx [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SO_x [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COV [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVNM [kg/AAP* y año]	17,937	8,902	0,279	0,624	1,1275	7,781	0,059	0,1365
NH_3 [kg/AAP* y año]	26,4	10	1,4	1,4	12,1	15,8	0,03	0,17
NO [kg/AAP* y año]	0,752	0,217	0,012	0,012	0,0035	0,25	0,001	0,0205
$PM_{2.5}$ [kg/AAP* y año]	0,41	0,18	0,02	0,02	0,006	0,14	0,004	0,0025
PM_{10} [kg/AAP* y año]	0,63	0,27	0,06	0,06	0,12	0,22	0,008	0,03
TSP [kg/AAP* y año]	1,38	0,59	0,14	0,14	0,646	0,48	0,018	0,115
BC [% of $PM_{2.5}$]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
C6H6 [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pb [kg/AAP* y año J]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cd [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Hg [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
As [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cr [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Cu [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ni [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Se [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Zn [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
DIOX [ng I-TEQ/GJ]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
BENZO_A [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
BENZO_B [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
INDENO_123 [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PAH [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
HCB [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PCBs [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
TOTAL_POPs [kg/AAP* y año]	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

(*): AAP (Población Promedio Anual) del ganado en cada instalación.

5 CÁLCULO DE EMISIONES

Considerando toda la información anterior, se indican a continuación las fórmulas de cálculo utilizadas.

<u>Agricultura</u>

Para NH_3, NO y N_2O, el cálculo requiere cuantificar el nitrógeno aplicado por hectárea, antes de aplicar el factor de emisión:

Emisiones totales (ton) = Hectáreas abonadas (hectáreas) * Abonado Anual (kg N /hectárea) * Factor de emisión del gas por tipo de cultivo (kg contaminante/ kg N)

Para NMVOC, PM_{10}, $PM_{2,5}$ y TSP, el factor de emisión se aplica directamente al área del cultivo en hectáreas:

Emisiones totales (ton) = Hectáreas abonadas (hectáreas) * Factor de emisión del gas por tipo de cultivo (kg contaminante/hectáreas)

Teniendo en cuenta que:

- Los resultados finales se expresan en toneladas de gas, por lo que será necesario un cambio de unidades (1 ton = 10^3 kg)

Ganadería

La cuantificación de las emisiones depende del número promedio anual de cabezas de ganado:

Emisiones totales (ton) = Población Promedio Anual (cabezas de ganado) * Factor de emisión del gas (g/AAP anual)

Teniendo en cuenta que:

- La Población Promedio Anual (APP) es el número medio Número medio de efectivos por categorías de ganado.
- Los resultados finales se expresan en toneladas de gas, por lo que será necesario un cambio de unidades (1 ton = 10^6 g)

Geolocalización de las emisiones

Respecto a la calidad del aire, la ciudad cuenta con el Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza (PRECOZ) que permite generar mapas de predicción de niveles de horarios de concentración esperada para contaminantes atmosféricos como Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Material Particulado ($PM_{2,5}$). Para dotar este sistema con la información requerida, se construye un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite conocer la localización del foco emisor con una resolución espacial de 100mX100m.

Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

De acuerdo con la normativa aplicable de Protección de Datos, no es posible localizar las emisiones del sector de la agricultura a nivel de celda. Estas emisiones se reportan por tipo de cultivo agregado para todo el mucipio.

En el caso de las emisiones de las actividades de ganadería, el proceso de geolocalización se especifica a continuación:

1) Recopilación de los datos de producción ganadera (efectivos ganaderos por tipo de ganado) facilitados por SITRAN.

2) Identificación del factor de emisión aplicable a cada gas de efecto invernadero y gases contaminantes, en función del tipo de ganado.
3) Se lleva a cabo el cálculo según las fórmulas indicada, y se obtienen las emisiones de cada gas para cada una de las instalaciones.
4) A continuación, y mediante un software de Sistemas de Información Geográfica (GIS), se identifica la localización de cada una de las actividades en el mapa del término municipal de Zaragoza, al que se le aplica una división por mallado de celdas de 100x100m. Con este mallado, se obtienen las emisiones totales de cada celda.
5) Se calcula el total de emisiones de cada tipo de gas por celda, haciendo la suma de las emisiones de cada actividad comprendida dentro de la celda.

www.fcirce.es

Fichas metodológicas – Inventario de emisiones de Zaragoza

ARBOLADO URBANO

Centro Tecnológico CIRCE

Grupo de Economía Circular

Noviembre 2023

1 CONTROL

CONTROL DE CAMBIOS		
VERSIÓN	**FECHA**	**DESCRIPCIÓN**
1.0	11/2023	-

ABREVIATURAS CRF*	
NO	NO SE PRODUCE [NOT OCURRING]
IE	INCLUIDO EN OTRA PARTE [INCLUDED ELSEWHERE]
NE	NO ESTIMADO / CALCULADO [NOT ESTIMATED]
NA	NO APLICA [NOT APPLICABLE]
C	CONFIDENCIAL

* Common Reporting Format (CRF) of the UNFCCC Reporting Guidelines

2 CONTAMINANTES Y ALCANCES CONSIDERADOS

El inventario de emisiones de Zaragoza reporta Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Contaminantes Atmosféricos. Los contaminantes considerados responden a las necesidades de reporte que el Ayuntamiento de Zaragoza tiene para alcanzar los objetivos y compromisos respecto a:

- Misión de Ciudades y Pacto de las Alcaldías.
- PRECOZ - Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza

GASES DE EFECTO INVERNADERO					
CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6
✓	NA	NA	NA	NA	NA

CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS																							
CONTAMINANTES PRINCIPALES						MATERIA PARTICULADA				OTROS	METALES PESADOS PRIORITARIOS			METALES PESADOS ADICIONALES						CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES			
NOX	CO	SO2	COV	COVNM	NH3	PM2.5	PM10	TPS	BC	C6H6	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAF	HCB	PBC
NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

ALCANCE			
CONTAMINANTE	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
GASES DE EFECTO INVERNADERO	Emisiones provenientes de fuentes situadas dentro del término municipal de Zaragoza	NA	NA

3 FUENTES DE EMISIÓN CONSIDERADAS

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

Arbolado urbano: absorción de CO_2 por cada árbol de cada especie dentro de la ciudad de Zaragoza.

Arbolado Urbano

- **Alcance 1:** correspondientes a las absorciones de la vegetación urbana. Los consumos han sido facilitados por:
  - Servicio de Parques, Jardines e Infraestructuras Verdes del Ayuntamiento de Zaragoza.
  - Servicio de Medio Ambiente y Sostenibilidad del Ayuntamiento de Zaragoza.

Esta información se ha obtenido y segregado por celda de 100x100 metros, según mallado del mapa del municipio. Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

4 FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS

Para el arbolado urbano no se contabilizan emisiones de gases contaminantes, sino que se calculan las absorciones de CO_2 que llevan a cabo. Esta vegetación es capaz de realizar una absorción de CO_2 durante su crecimiento, es por ello por lo que utilizan para compensar en la medida de lo posible las emisiones provenientes de otras fuentes de emisión, como son las tratadas en los apartados anteriores.

Por tanto, para realizar este estudio necesitamos poder evaluar la absorción total de CO_2 asociada al arbolado, por lo que el primer paso es realizar un inventario de los árboles existentes en la ciudad de Zaragoza. Según la metodología publicada por el Ministerio para la Transición Ecológica, bajo la metodología EX ANT.

De todas las metodologías evaluadas, se utilizó la metodología (contenida en la metodología publicada por el Ministerio para la Transición Ecológica en 2019) desarrollada por Gregorio Montero, Ricardo Ruiz-Peinado y Marta Muñoz, de título “Producción de Biomasa y Fijación de COR2R por los bosques españoles”, de donde se obtienen los factores de emisión utilizados para cada una de las especies.

5 CÁLCULO DE EMISIONES

Hay diferentes parámetros a tener en cuenta para poder calcular la cantidad de CO_2 absorbido por árbol y por especie. Estos parámetros son iguales para los árboles de una misma especie y vienen dados en el informe de la metodología utilizada como se explica en el apartado 4.

- BT: Biomasa aérea total del árbol.
- Br: Biomasa de la raíz.
- a: parámetro obtenido de la función logarítmica. (Diferente valor para BT y Br)
- b: parámetro obtenido de la función logarítmica. (Diferente valor para BT y Br)
- SEEBT: Estimación para la biomasa total del árbol.
- SEEBr: Estimación para la biomasa de la raíz del árbol.
- CF: Factor de corrección.
- D: Diámetro del árbol.

Para realizar en el orden adecuado los cálculos, seguiremos los siguientes pasos:

1) Calculamos el factor de corrección mediante la siguiente ecuación, para el caso de la biomasa total (BT) y de la biomasa de la raíz (Br):

$$CF = e^{\frac{SEE^2}{2}}$$

2) Para calcular el valor de la biomasa aérea total del árbol (BT) y biomasa de la raíz (Br), aplicamos la siguiente ecuación:

$$BT = CF_{BT} \cdot e^{a_{BT}} \cdot D^{b_{BT}}$$

$$Br = CF_{Br} \cdot e^{a_{Br}} \cdot D^{b_{Br}}$$

3) En el cálculo de las absorciones de CO_2, diferenciamos entre las absorbidas por las raíces y por el aéreo total del árbol, para ello, aplicamos la siguiente fórmula:

$$CO_2T = \frac{1}{2} \cdot BT$$

$$CO_2R = \frac{1}{2} \cdot Br$$

4) Por último, considerando toda la información anterior, se calcula la absorción de CO_2 total por árbol sumando las absorciones calculadas anteriormente:

Absorción de CO_2 por árbol (ton/año) = CO_2T (ton/año) + CO_2R (ton/año)

Geolocalización de las emisiones

Respecto a la calidad del aire, la ciudad cuenta con el Sistema de Predicción de la Contaminación Atmosférica de Zaragoza (PRECOZ) que permite generar mapas de predicción de niveles de horarios de concentración esperada para contaminantes atmosféricos como Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Material Particulado ($PM_{2,5}$). Para dotar este sistema con la información requerida, se construye un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite conocer la localización del foco emisor con una resolución espacial de 100mX100m.

Aunque se hace referencia a una segregación espacial de 100x100m, este valor se trata de una simplificación. En realidad, el SIG se construye utilizando el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS84. La malla de análisis está compuesta por celdas de 0,001° x 0,001°.

Para el arbolado urbano, la distribución geográfica de las emisiones se realiza siguiendo el procedimiento especificado a continuación:

1) Se recopila la información acerca de cada árbol, sus características, así como la cantidad total de árboles existentes. En el caso de 2019, la geolocalización de los árboles se reporta por tipo de especie y polígono debido a la información facilitada, ya que se desconoce la localización exacta de cada uno de los árboles. En el caso de 2021, se ha proporcionado la localización exacta de cada árbol, por lo que en la capa se reporta a punto por árbol.
2) Identificación del factor de emisión aplicable a cada especie de árbol.
3) Se lleva a cabo el cálculo según las diferentes fórmulas desglosadas en el apartado anterior, y se obtienen las emisiones de cada árbol, y por consecuencia de cada especie.
4) A continuación, y mediante un software de Sistemas de Información Geográfica (GIS), se identifica la localización de cada una de las instalaciones en el mapa del término municipal de Zaragoza, al que se le aplica una división por mallado de celdas de 100x100m. Con este mallado, se obtienen las emisiones totales de cada celda.
5) Se calcula el total de las absorciones de CO_2 que llevan a cabo el arbolado urbano.