

PROYECTO DE ZONAS DE BAJAS EMISIONES DEL MUNICIPIO DE SEVILLA SEGÚN REAL DECRETO 1052/2022

FECHA EMISIÓN	23/04/2025
REFERENCIA	L-002079_ZBE_SEVILLA
VERSIÓN	Versión 8

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	1/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



ÍNDICE

1	OBJETO DEL INFORME	4
2	ANTECEDENTES	5
3	MARCO NORMATIVO DE LA CALIDAD DEL AIRE	7
3.1	OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AIRE	9
4	CARACTERÍSTICAS DE LA ZBE DE SEVILLA	11
4.1	LOCALIZACIÓN	11
4.2	RESTRICCIONES DE ACCESO	12
4.3	CONTROL DE ACCESO A LA ZBE	13
4.4	ALTERNATIVAS DE ACCESO	15
4.4.1	TRANSPORTE PÚBLICO	15
4.4.2	BICICLETAS Y VEHÍCULOS DE MOVILIDAD PERSONAL	15
4.5	ALTERNATIVAS DE ESTACIONAMIENTO	15
5	SITUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	17
6	SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZBE	27
6.1	PROPUESTA PARA LA UBICACIÓN DE LOS NUEVOS PUNTOS DE MONITORIZACIÓN	28
6.2	ZONIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	32
6.3	PROPUESTA DE EQUIPOS DE MEDIDA	32
6.4	EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN	33
6.4.1	CRITERIOS DE MACROIMPLANTACIÓN	33
6.4.2	CRITERIOS DE MICROIMPLANTACIÓN	33
7	INVENTARIO DE EMISIONES	34
7.1	TRÁFICO RODADO	34
7.1.1	METODOLOGÍA	34
7.1.1.1	CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE CARRETERAS	35
7.1.1.2	CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE CIRCULANTE	36
7.1.1.3	GENERACIÓN DE LA DEMANDA DE TRÁFICO	39
7.1.1.4	RESULTADOS	41
7.1.1.5	VALIDACIÓN	43
7.2	OTRAS FUENTES	44
7.2.1	PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DE LA EMISIÓN POR ESPECIE Y SECTOR	46
8	MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	50
8.1	CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE DISPERSIÓN	51
8.1.1	EL MODELO GRAL	51
8.1.2	GRAL SETTINGS	51
8.2	METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN DEL MODELO	55
8.2.1	RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN	57

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	2/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



8.2.1.1	DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂)	57
8.2.1.2	PARTÍCULAS PM ₁₀	64
8.2.1.1	PARTÍCULAS PM _{2,5}	68
8.3	RESULTADOS	71
8.3.1	MAPAS DE LA CONTRIBUCIÓN TOTAL REFERIDOS A LOS VALORES LÍMITE DEL R.D. 102/2011	71
8.3.2	SUPERACIONES DE LOS VALORES LÍMITE	77
8.3.3	MAPAS DE REDUCCIÓN DERIVADO DE LA IMPLANTACIÓN DE LA ZBE.....	80
8.3.3.1	REDUCCIONES ESTIMADAS A CAUSA DE LA ZBE EN RECEPTORES DISCRETOS	85
8.3.4	REDUCCIÓN ESTIMADA DE LOS NIVELES DE INMISIÓN BAJO EL ESCENARIO WaM DE EMISIONES 2030	86
8.3.4.1	REDUCCIONES ESTIMADAS PARA EL ESCENARIO 2030 EN RECEPTORES DISCRETOS	93
9	CONCLUSIONES DEL IMPACTO DE LA ZBE SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE.....	94
9.1	ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS DE CALIDAD DEL AIRE:	94
9.2	INVENTARIO DE EMISIONES	94
9.3	MODELIZACIÓN	95
10	ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO Y JURÍDICO	97
10.1	PLAN DE COMUNICACIÓN.....	97
10.1.1	¿QUÉ SON LAS ZONAS DE BAJAS EMISIONES (ZBE)?	97
10.1.2	¿QUÉ INCLUYE LA ZBE?	98
10.1.3	OBJETIVOS DEL PLAN DE COMUNICACIÓN DE LA ZBE	99
10.1.4	PÚBLICO OBJETIVO DEL PLAN DE COMUNICACIÓN	100
10.1.5	TIPOS DE MENSAJE PARA EL PLAN DE COMUNICACIÓN DE LA ZBE	102
10.1.6	CANALES DE COMUNICACIÓN PLAN DE COMUNICACIONES DE LA ZBE	104
10.1.7	ACCIONES DEL PLAN DE COMUNICACIÓN DE LA ZBE	105
10.1.8	CRONOGRAMA PLAN DE COMUNICACIONES DE LA ZBE	107
10.2	ANÁLISIS DE IMPACTO SOCIAL, GÉNERO Y DISCAPACIDAD	107
10.2.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS ZBE CARTUJA.....	108
10.2.2	IMPACTO SOCIAL	109
10.2.3	IMPACTO DE GÉNERO Y DISCAPACIDAD	110
10.2.4	IMPACTO ECONÓMICO	111
10.3	MEMORIA JURÍDICA.....	112
10.3.1	MARCO JURÍDICO	113
10.3.2	GLOSARIO LEGISLATIVO Y NORMATIVO	116
10.4	MEMORIA ECONÓMICA	116
10.4.1	CUADRO DE GASTOS E INVERSIONES	117
10.4.1	RETORNOS POSITIVOS DE LA ZBE	119

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	3/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



1 OBJETO DEL INFORME

Para la redacción del Proyecto de Zonas de Bajas Emisiones al amparo del Real Decreto 1052/2022 de 27 de diciembre, por el que se regulan las zonas de bajas emisiones, se requiere de una metodología adecuada con el objetivo de cumplir con la Ley de cambio climático y transición energética y el Real Decreto 102/2011 relativo a la mejora de la calidad del aire y posteriores desarrollos entre otras.

Por ello, se hace preciso comprobar la efectividad de todas las medidas y planes estratégicos que se aborden desde el punto de vista de la movilidad, el plano urbanístico o los nuevos modelos energéticos. Todo ello en aras de adoptar nuevos mecanismos de resiliencia urbana y, por ende, mejorar la calidad del aire que respiramos.

El presente informe está dirigido AL CUMPLIMIENTO EN REDACCIÓN DEL PROYECTO DE ZONAS DE BAJAS EMISIONES (ZBE) DE LOS SIGUIENTES TÓPICOS RELATIVOS A CALIDAD EL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO, para de este modo cumplir con los requisitos mínimos del Anexo I.A del RD 1052/2022:

1. El análisis actual e histórico de los datos de las estaciones de medición de calidad del aire y/o puntos de muestreos definidos en las campañas de mediciones indicativas, así como las áreas de superación de los valores límite legislados en el RD 102/2011 y posteriores modificaciones, si las hubiese. Para ello será necesario realizar un **análisis de la naturaleza y evaluación de la contaminación en la ciudad**, examinando la información actualizada sobre concentración de contaminantes observados, así como las técnicas de evaluación utilizadas. En este punto, se realiza un **estudio de los datos a través de los informes de los organismos oficiales, incluyendo en el informe la metainformación de las estaciones de calidad del aire**.
2. Tras este punto se realiza el análisis con **información general a nivel de municipio en cuanto a calidad del aire**, estimando la superficie contaminada (km²) y de la población expuesta a la contaminación. En este punto, **la estimación de la superficie y población afectada se realiza mediante técnicas de modelización** referidas en el apartado MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE, habiendo validado sus resultados frente a los datos de las estaciones de referencia tal y como se especifica en el apartado RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN.
3. Tras este estudio de dispersión atmosférica, se realiza un **estudio de contribución de fuentes con el objetivo de discriminar los distintos orígenes de la contaminación atmosférica**: Para ello, y previamente, se realizó un **inventario de emisiones** con la información actualizada de las principales fuentes de emisión responsables de la contaminación atmosférica. El inventario de emisiones se realizará conforme a la metodología descrita en el apartado INVENTARIO DE EMISIONES.

La metodología utilizada para evaluar la calidad del aire en Sevilla y comprobar las reducciones efectivas una vez implantada la ZBE, se resume en el siguiente diagrama:

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	4/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



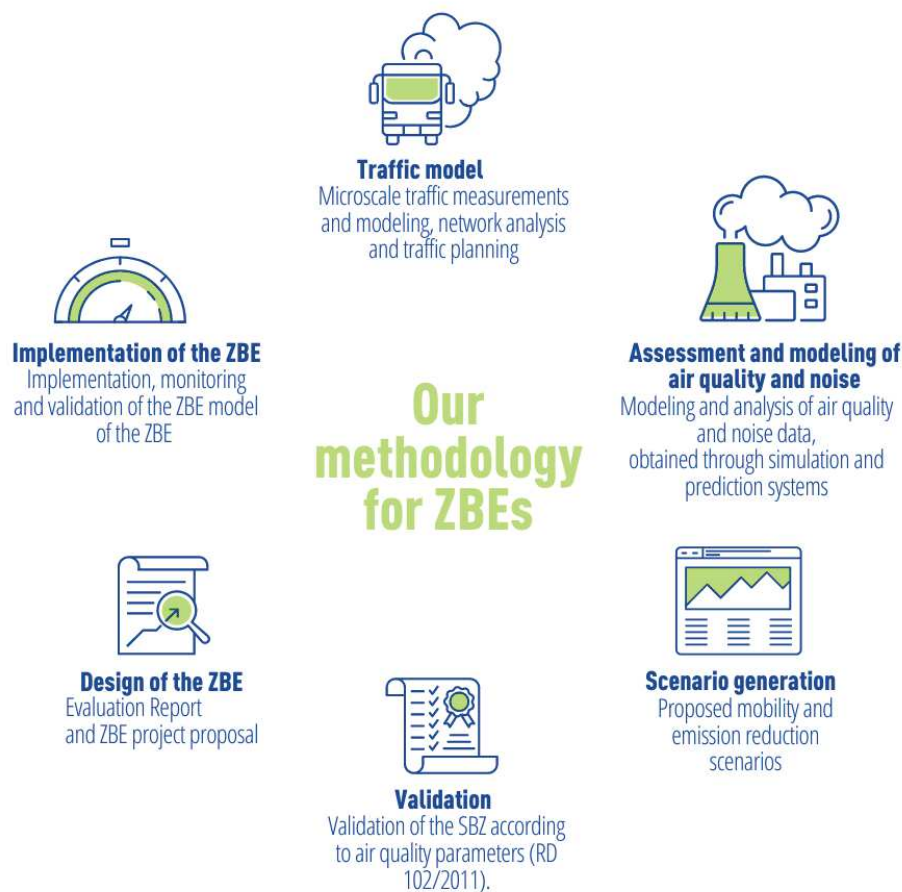


Figura 1. Metodología de trabajo para la evaluación de la calidad del aire.

2 ANTECEDENTES

Según los datos actualizados de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 99% de la población respira un aire que supera los límites de calidad recomendados por esta institución. Más de 600 ciudades en 117 países monitorean su calidad del aire, y **solo en el 17% de las ciudades de los países de mayor renta per cápita se logra alcanzar los umbrales establecidos por la OMS sobre partículas con diámetros iguales o inferiores a 10 μm (PM_{10}) o 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) y de Óxidos de Nitrógeno (NO_x).**

La Agencia Europea de Medio Ambiente estima que, debido al actual modelo de movilidad y transporte, suceden unas 20.000 muertes prematuras en España a causa de la mala calidad del aire. Por tanto, el transporte por carretera y la urbanización generan impactos negativos en la atmósfera. Así, tanto la calidad del aire como la protección de la atmósfera son prioridad para, entre otros aspectos, proteger la salud de las personas garantizando un medio ambiente sano y combatir el cambio climático.

Al respecto, en el ámbito europeo, se publica en 2016 la Directiva 2016/2284 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	5/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



contaminantes atmosféricos. De acuerdo con este compromiso, se aprobó en España el Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica (PNCCA), en el cual se esbozan las zonas de bajas emisiones en las ciudades. Más aún, considerando que el transporte por carretera genera el 27% de las emisiones de gases de efecto invernadero en España, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) señala que uno de los cambios más representativos de la descarbonización de la movilidad-transporte será el cambio y la limitación de uso de los vehículos convencionales de combustión.

En este sentido, en la **Ley 7/2021, de cambio climático y transición energética, en su artículo 14.3, prevé el establecimiento de zonas de bajas emisiones (ZBE) antes de 2023 en los municipios de más de 50.000 habitantes y los territorios insulares con el fin de mejorar la calidad del aire y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero**. El establecimiento de las ZBE es una obligación legal que a su vez permite poner en práctica las medidas incluidas en el PNIEC y PNCCA, así como los compromisos adquiridos mediante la Declaración de Emergencia Climática.

Con el fin de establecer una legislación homogénea en todo el territorio nacional, se publicó el **Real Decreto 1052/2022, de 27 de diciembre, por el que se regulan las zonas de bajas emisiones**. El Real Decreto establece el contenido básico de los proyectos ZBE, así como los objetivos concretos y cuantificables en el ámbito de las zonas de bajas emisiones, para que puedan ser monitorizados y evaluados correctamente. En definitiva, el ánimo del Real Decreto es dotar de seguridad jurídica a particulares y empresas que puedan verse afectados como consecuencia de las restricciones de acceso, circulación y estacionamiento que conllevan las ZBE. **Este Real Decreto pone el foco en “reducir a la mitad para 2030 los valores límite de calidad del aire anuales de contaminantes atmosféricos como las partículas PM₁₀ y PM_{2,5} y el dióxido de nitrógeno (NO₂)”**.

En el ANEXO I se indica que entre el contenido mínimo del proyecto de zonas de bajas emisiones debe incluirse la naturaleza y evaluación de la contaminación:

- Concentración de contaminantes e indicadores de ruido ambiental observados durante los años anteriores (antes de la implementación de las ZBE), si el municipio dispone de dicha información, concentraciones medidas desde el comienzo del proyecto, técnicas de evaluación utilizadas.
- Origen de la contaminación: lista de las principales fuentes de emisión responsables de la contaminación (representadas en un mapa), caracterización del parque circulante (en base al distintivo ambiental y otras categorías de vehículos y servicios), cantidad total de emisiones procedentes de esas fuentes (t/año), información sobre la contaminación procedente de otras regiones si procede, análisis de asignación de fuentes. Información disponible sobre las fuentes de contaminación acústica existentes en la zona.
- Análisis de la situación: detalles de los factores responsables de la superación (transporte - distinguiendo tipologías de vehículos y servicios, fuentes puntuales de contaminación, sistemas de climatización, formación de contaminantes secundarios en la atmósfera), las posibles medidas de mejora de la calidad del aire y contaminación acústica. Es recomendable apoyarse en una modelización de calidad del aire para la definición de las medidas de restricción y para establecer el área mínima necesarias para la consecución de los objetivos de mejora de calidad del aire.
- Estimación de la mejora de la calidad del aire con las medidas previstas en el proyecto.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	6/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



Para ello se considera necesario lo siguiente: “**Modelizar la correlación entre el tráfico de la ciudad y la calidad de aire a partir de la implementación de herramientas avanzadas que permitan:**

- **Establecer patrones y funciones de correlación entre la estructura del tráfico y la evolución de la contaminación atmosférica y emisiones GEI**
- **Dotar de herramientas que permitan predecir el resultado en cuanto a calidad del aire de las diferentes políticas y acciones en el área de la movilidad.”**

3 MARCO NORMATIVO DE LA CALIDAD DEL AIRE

La Unión Europea inició en la década de los 90 un importante proceso de desarrollo legislativo enfocado a la mejora de la calidad del aire en su territorio.

La publicación de la *Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente* (Directiva Marco de calidad del aire) supuso un cambio importante en la forma de evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente, proporcionando un marco comunitario para las medidas nacionales, regionales y locales destinadas a mantener una buena calidad del aire ambiente -o para mejorarla en caso necesario- estableciendo los contaminantes a vigilar, los sistemas para realizar las mediciones, y la obligación de designar autoridades responsables de asegurar la calidad del aire y de informar al público.

A partir de ella fueron surgiendo posteriormente las denominadas “Directivas Hijas”, en las que se fijaban los límites de los distintos contaminantes y se regulaba su control.

En junio de 2008, en el marco de la Estrategia sobre la contaminación atmosférica, la UE publicó la *Directiva 2008/50/CE relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa*, la cual modificó el anterior marco regulatorio comunitario, sustituyendo la Directiva Marco y las tres primeras Directivas Hijas, regulando la presencia en la atmósfera de una serie de contaminantes, entre los que cabe señalar las partículas en suspensión (PM10 y PM2.5), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el dióxido de azufre (SO₂), el ozono (O₃), el benceno (C₆H₆) y ciertos metales, además de incorporar nuevos requisitos en cuanto a la evaluación y la gestión de la calidad del aire ambiente.

El 12 diciembre de 2011 se aprobó la *Decisión 2011/850/UE, relativa al intercambio recíproco de información y la notificación sobre la calidad del aire ambiente a la Comisión europea*, que establece disposiciones sobre la obligación de los Estados miembros de informar sobre la evaluación y la gestión de la calidad del aire ambiente así como sobre el intercambio recíproco de información de los Estados miembros en relación con las redes y estaciones, y las mediciones de la calidad del aire obtenidas de las estaciones seleccionadas por los Estados.

Esta Decisión se aplica desde el 1 de enero del 2014 y deroga a partir de esa fecha la *Decisión 97/101/CE sobre intercambio de información*, la *Decisión 2004/224/CE de 20 de febrero de 2004 de planes o programas* y la *Decisión 2004/461/CE de 29 de abril de 2004, relativa al cuestionario sobre la evaluación de la calidad del aire ambiente*.

En agosto de 2015 se publica la *Directiva 2015/1480 de la Comisión, de 28 de agosto de 2015, por la que se modifican varios anexos de las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en los que se establecen las normas relativas a los métodos*

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23	
Observaciones		Página	7/61	
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==			

de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente.

En España, la *Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera*, aporta la base legal para los desarrollos relacionados con la evaluación y la gestión de la calidad del aire en España. Esta Ley, cuyo fin último es que se alcancen unos niveles óptimos de calidad del aire para evitar, prevenir o reducir riesgos o efectos negativos sobre la salud humana, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza, habilita al gobierno a definir y establecer los objetivos de calidad del aire y los requisitos mínimos de los sistemas de evaluación de la calidad del aire. Igualmente, sirve de marco regulador para la elaboración de los planes nacionales, autonómicos y locales para la mejora de la calidad del aire.

En consonancia con la nueva legislación comunitaria (Directiva 2008/50/CE), y con el objetivo de simplificar la normativa nacional referente a la calidad del aire, en enero de 2011 fue publicado el *Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire*. Este Real Decreto sustituye a los Reales Decretos 1073/2002, 1796/2003 y 812/2007, y deroga el antiguo Decreto 833/1975 en todas las disposiciones que tienen que ver con la evaluación y la gestión de la calidad del aire, incluyendo disposiciones sobre evaluación y gestión de la calidad del aire que afectan a todas las sustancias contaminantes objeto de regulación.

En agosto de 2014 se publica el *Real Decreto 678/2014, de 1 de agosto, por el que se modifica el RD 102/2011 relativo a la mejora de la calidad del aire*, en el que se establece un nuevo valor de referencia para el Sulfuro de Carbono (CS₂).

En enero de 2017 se publica el *Real Decreto 39/2017 por el que se modifica el RD 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire*. Las principales modificaciones que conlleva este real decreto se refieren a los objetivos de calidad de los datos relativos al benzo(a)pireno, arsénico, cadmio y níquel, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) distintos del benzo(a)pireno, mercurio gaseoso total y depósitos totales. Asimismo, se pretende garantizar la adecuada evaluación de la calidad del aire ambiente en lo que respecta al dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, benceno, partículas y plomo, así como la microimplantación de los puntos de medición de dichos contaminantes, y regular los requisitos para la documentación y reevaluación de la elección de los emplazamientos.

En marzo de 2019 se publica la *Orden TEC/351/2019, de 18 de marzo, por la que se aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire*. Esta Orden aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire, siguiendo las directrices del índice europeo («Air Quality Index»), que fue puesto en marcha en noviembre de 2017 por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) y la Comisión Europea, y que permite informar a la población de la calidad actual del aire en ciudades y regiones de toda Europa.

En septiembre de 2020 se publica la *Resolución de 2 de septiembre de 2020, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se modifica el Anexo de la Orden TEC/351/2019, de 18 de marzo, por la que se aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire*, mediante la cual se modifica el procedimiento de cálculo y los rangos del Índice Nacional de Calidad del Aire.

Según el artículo 6. "Evaluación de la calidad del aire ambiente" del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire (<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-1645>), en su punto 3 aclara que "la evaluación de la calidad del aire ambiente se realizará, dependiendo del nivel de los contaminantes con respecto a los umbrales a los que se refiere el anexo II, utilizando mediciones fijas, **técnicas de modelización**, campañas de mediciones representativas, mediciones

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	8/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



indicativas o investigaciones, o una combinación de todos o algunos de estos métodos". Por tanto, las técnicas de modelización son un método válido para evaluar la calidad del aire de una zona, teniendo que cumplir con los Objetivos de calidad de los datos del ANEXO V del Real Decreto 102/2011 con respecto a la incertidumbre de la modelización.

Tabla I. Objetivos de calidad de los datos del RD 102/2011 con respecto a la incertidumbre de modelización

	Dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono	Benceno	Partículas (PM10 y PM2,5) y plomo	Ozono y NO2 y NOx correspondientes
Medición fija				
Incertidumbre	15 %	25 %	25 %	15 %
Captura mínima de datos	90 %	90 %	90 %	90 % en verano 75 % en invierno
Cobertura temporal mínima	–	35 % o 90 % (1)	–	–
Medición indicativa				
Incertidumbre	25 %	30 %	50 %	30 %
Captura mínima de datos	90 %	90 %	90 %	90 %
Periodicidad mínima	14 % (2)	14 % (3)	14 % (2)	> 10 % en verano
Incertidumbre de la modelización				
Medias horarias	50 %	–	–	50 %
Medias octohorarias	50 %	–	–	50 %
Medias diarias	50 %	–	Sin definir por el momento.	–
Medias anuales	30 %	50 %	50 %	–

Por otro lado, el ANEXO VII del Real Decreto 102/2011, describe los métodos de referencia para la evaluación de los distintos contaminantes a evaluar, y que son los siguientes:

1. Método de referencia para la medición de dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno. El método de referencia para la medición de dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno es el que se describe en la Norma UNE-EN 14211:2013 "Aire ambiente. Método normalizado de medida de la concentración de dióxido de nitrógeno y monóxido de nitrógeno por quimioluminiscencia".

2. Método de referencia para la toma de muestras y la medición de PM₁₀. El método de referencia para la toma de muestras y la medición de PM₁₀ es el que se describe en la Norma UNE-EN 12341:2015 "Aire ambiente. Método de medición gravimétrico normalizado para la determinación de la concentración másica PM₁₀ o PM_{2,5} de la materia particulada en suspensión".

3. Método de referencia para la toma de muestras y la medición de PM_{2,5}. El método de referencia para la toma de muestras y la medición de PM_{2,5} es el que se describe en la Norma UNE-EN 12341:2015 "Aire ambiente. Método de medición gravimétrico normalizado para la determinación de la concentración másica PM₁₀ o PM_{2,5} de la materia particulada en suspensión".

No obstante, es posible "utilizar también cualquier otro método si se puede demostrar que proporciona resultados equivalentes a los del método antes mencionado".

3.1 OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AIRE

Los objetivos de calidad del aire de los parámetros que han sido evaluados en la aglomeración de Sevilla se establecen en el texto consolidado del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Se resumen en la tabla siguiente los correspondientes

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	9/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



a la protección de la salud para dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas en suspensión menores de 10 micras (PM₁₀) y partículas en suspensión menores de 2,5 micras (PM_{2,5}).

Tabla 2. Objetivos de calidad del aire establecidos en legislación vigente para protección de la salud

Objetivos de calidad del aire para la protección de la salud	
NO ₂	Valor límite horario Período de promedio: 1 hora. 200 µg/m³ Valor que no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil.
	Valor límite anual Período de promedio: 1 año. 40 µg/m³
	Umbral de alerta 400 µg/m³ Se considerará superado cuando durante tres horas consecutivas se exceda dicho valor cada hora en lugares representativos de la calidad del aire en un área de, como mínimo, 100 km ² o en una zona o aglomeración entera, tomando la superficie que sea menor.
PM ₁₀	Valor límite diario Período de promedio: 24 horas. 50 µg/m³ Fecha Cumplimiento: 2005. Valor que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año.
	Valor límite anual Período de promedio: 1 año. 40 µg/m³
PM _{2.5}	Valor límite anual Período de promedio: 1 año. 25 µg/m³

Para poder evaluar los datos obtenidos en un período inferior a una anualidad aquellos objetivos de calidad del aire que se basan en cuantificar un determinado nº de horas o días de superación en el año, se emplean ciertos estadísticos específicos que, aunque no legislados, permiten valorar la situación del parámetro frente al correspondiente nivel de referencia:

- En el caso del NO₂, el Percentil 99.79 de los valores horarios (valor no legislado) se corresponde con el 19º valor más alto de la serie (si es inferior o igual a 200 µg/m³ indica que no habría superación del valor límite horario en una serie del 100% de datos horarios).
- En el caso de PM₁₀, el Percentil 90.4 de los valores diarios (valor no legislado) se corresponde con el 36º valor más alto de la serie (si es inferior o igual a 50 µg/m³ indica que no habría superación del valor límite diario en una serie del 100% de datos diarios).

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23	
Observaciones		Página	10/61	
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==			

4 CARACTERÍSTICAS DE LA ZBE DE SEVILLA

4.1 LOCALIZACIÓN

Tal y como se expone en la legislación aplicable a la regulación de zona de bajas emisiones, el diseño de la ZBE podrá constar de varias áreas de restricción. En el caso concreto de Sevilla, se proponen 2 zonas, ubicadas al noroeste respecto al centro de la ciudad y que afectan principalmente al Parque Científico y Tecnológico (PCT) de La Cartuja.

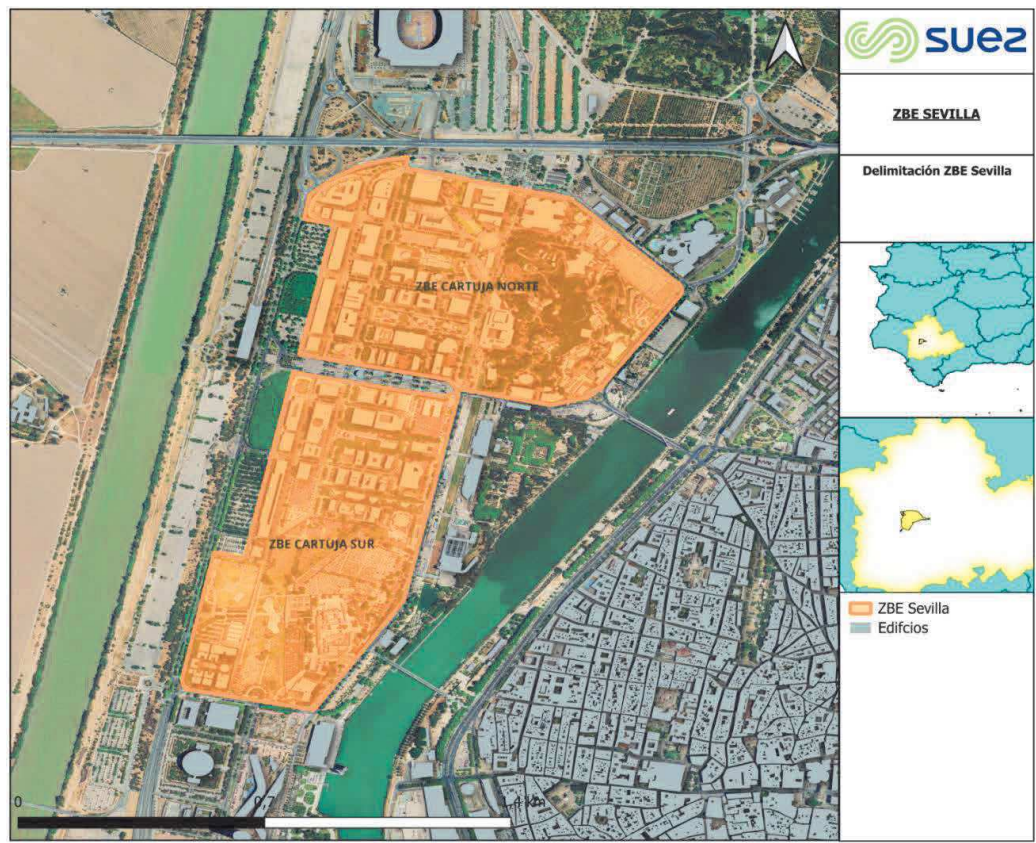


Figura 2. Esquema de cálculo de emisiones de tráfico

El perímetro de la zona norte se encuentra delimitado exteriormente por la calle Américo Vespucio, desde la intersección con Leonardo Da Vinci, Juan Bautista, José Gálvez, Matemáticos Rey Pastor y Castro, Marie Curie, Avenida de Carlos III (exceptuando aparcamientos de la banda oeste y su acceso por Hermanos d’Eluyar), ramal de incorporación SE-30 sentido Glorieta Olímpica hasta intersección con Américo Vespucio. Todas las calles dentro del perímetro se encuentran afectadas por las restricciones de acceso a la ZBE, excluyendo aquellas que conforman el perímetro.

Respecto a la zona sur, las calles que componen el perímetro, estando las mismas excluidas de la ZBE son: Marie Curie, Camino de los Descubrimientos, Francisco de Montesinos, Avenida de Carlos III (excepto aparcamientos de la banda oeste y sus accesos).

Respecto a las fechas de implantación de la ZBE, los hitos han sido los siguientes:

- Enero 2023: Señalización vertical instalada.
- Enero 2024: Puesta en marcha del sistema por parte de la nueva corporación.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	11/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



- Abril, mayo, junio de 2024: Período de envío de notificaciones informativas a los infractores.
- Julio de 2024 a la actualidad: Sistema funciona con normalidad con envío de sanciones a los infractores.

4.2 RESTRICCIONES DE ACCESO

La entrada en vigor de las restricciones de acceso a la ZBE se produjo el 1 de enero de 2023 y se aplican en horario de 7:00 a 19:00 exclusivamente de lunes a viernes. Durante el resto del día, así como sábados, domingos y festivos de ámbito nacional, autonómico o local de la ciudad de Sevilla en cualquier horario, no se aplicará la restricción permitiendo la circulación y estacionamiento en el interior de las ZBE independientemente de su distintivo ambiental.

Los vehículos afectados por las restricciones son los más contaminantes, es decir, aquellos que no cuente con distintivo ambiental, mientras que los que cuenten con clasificación “0 Emisiones”, “ECO”, “C” o “B” podrán acceder, circular y estacionar con normalidad.

Existen casuísticas en las que podrá solicitarse excepciones, aún sin contar el vehículo de interés con uno de los distintivos ambientales mencionados previamente. Se detallan a continuación:

- Motocicletas y ciclomotores, sin necesidad de trámite alguno.
- Vehículos destinados al transporte de mercancías de M.M.A. mayor a 3.500 kg, y menor o igual a 12.000 kg, sin necesidad de trámite alguno.
- Vehículos destinados al transporte de mercancías de M.M.A. mayor a 12.000 kg, previa autorización expresa otorgada por la Dirección General de Movilidad del Ayuntamiento de Sevilla.
- Vehículos de categoría M que tengan más de 8 plazas de asiento además del conductor, sin necesidad de trámite alguno.
- Bicicletas, ciclos y ciclos de pedaleo asistido y vehículos de movilidad personal, sin necesidad de trámite alguno.
- Acreditados TIPO A (residentes), previa obtención de la acreditación en el Distrito Municipal de Triana.
- Acreditados TIPO B (usuarios plaza garaje en zona restringida), previa obtención de la acreditación en el Distrito Municipal de Triana.
- Vehículos que transporten o recojan a personas de movilidad reducida, con registro previo de la persona titular de la tarjeta PMR y comunicación o autorización previa al acceso de vehículos, en la que indicará matrícula del mismo en la declaración responsable
- Vehículos vinculados a la actividad económica de empresas ubicadas en el interior de las zonas indicadas, previa autorización expresa otorgada por la Dirección General de Movilidad del Ayuntamiento de Sevilla.
- Vehículos de emergencias y asistencia sanitaria, sin necesidad de trámite alguno siempre y cuando su uso se encuentre debidamente recogido en los dos últimos dígitos del código

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	12/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



de clasificación en la ficha técnica del vehículo. En caso contrario se gestionará una declaración responsable.

- Vehículos con destino a alguno de los estacionamientos de uso público en régimen de rotación ubicados en el interior de las zonas indicadas, siendo el destino cotejado mediante a través de las matrículas captadas por un sistema de reconocimiento, sin necesidad de trámite alguno.
- Vehículos que transporten pacientes para su atención por motivo de urgencias o alta hospitalaria, mediante justificación de tales circunstancias en las 48 horas siguientes al acceso a la zona afectada.
- Vehículos destinados a transporte público de viajeros en vehículos de turismo (Taxi y VTC): sin necesidad de trámite alguno.
- Vehículos de servicios municipales, con autorización previa de la Delegación de Movilidad.
- Vehículos blindados de transporte de fondos y gestión de efectivo, sin necesidad de trámite.
- Vehículos de servicios médicos acondicionados para funciones sanitarias, sin necesidad de trámite.
- Vehículos funerarios, sin necesidad de trámite.
- Grúas de asistencia en carretera, sin necesidad de trámite.
- Vehículos taller, sin necesidad de trámite alguno.
- Vehículos de RTV, sin necesidad de trámite.
- Vehículos nupciales, previa autorización otorgada por la Dirección General de Movilidad del Ayuntamiento de Sevilla.
- Vehículos de transporte de personas a centros de estancia diurna, sin necesidad de trámite.
- Los vehículos recogidos en los artículos 9 y 16 de la Ordenanza de Circulación cuyo uso no se encuentre debidamente recogido en los dos últimos dígitos del código de clasificación en la ficha técnica del vehículo.

Cabe destacar también que aquellos usuarios que dispongan de plaza en el aparcamiento privado de la empresa en la que desempeñan su actividad laboral están exentos de las restricciones de acceso a la ZBE.

4.3 CONTROL DE ACCESO A LA ZBE

Uno de los elementos clave para que las ZBE puedan funcionar adecuadamente, son las cámaras de control de acceso. El municipio de Sevilla cuenta con una infraestructura hardware y software que permite identificar las matrículas de los vehículos y, por ende, el distintivo ambiental de forma automática.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	13/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



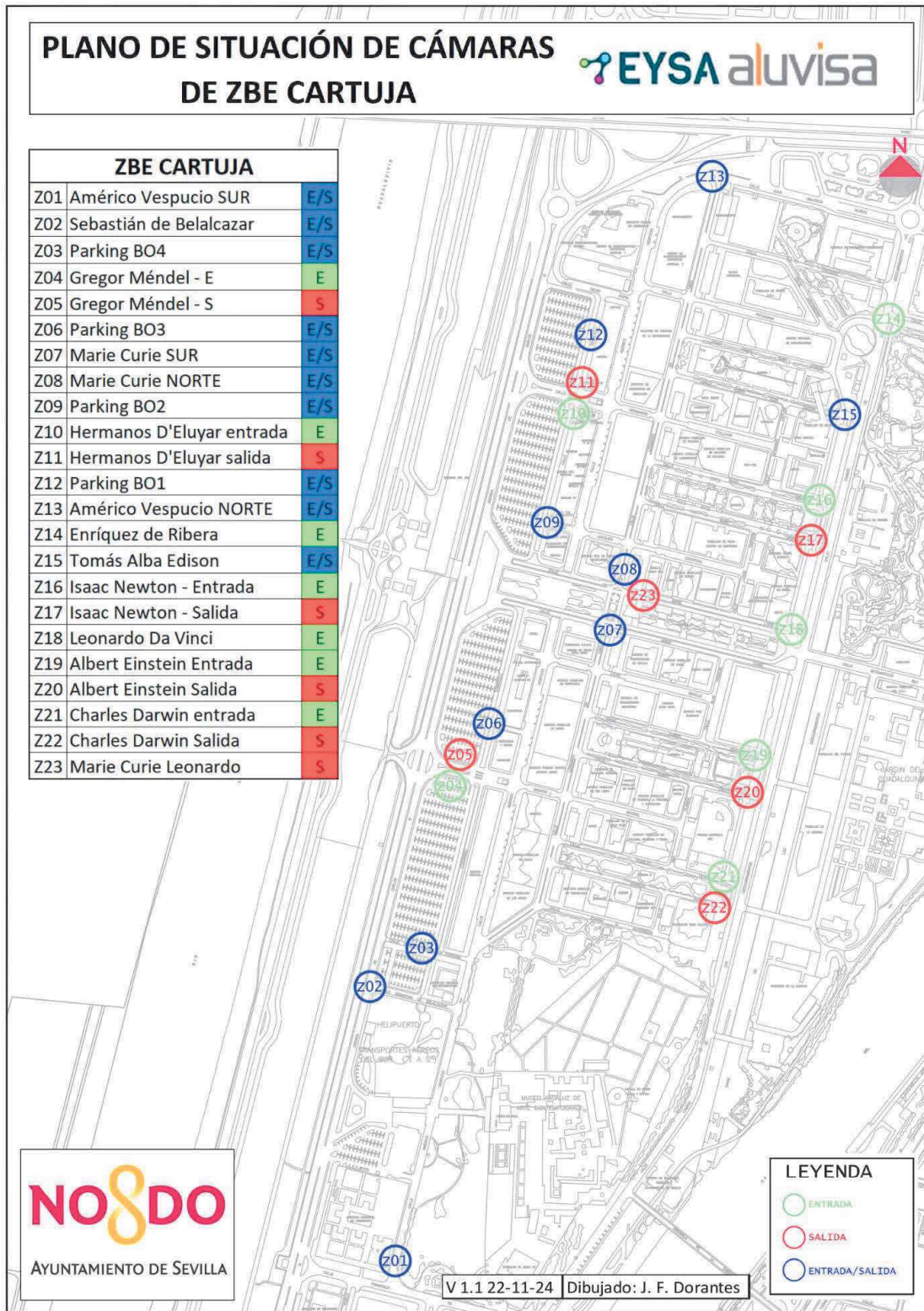


Figura 3. Localización de las cámaras de control de acceso desplegadas en el municipio de Sevilla.

4.4 ALTERNATIVAS DE ACCESO

4.4.1 TRANSPORTE PÚBLICO

La Isla de la Cartuja cuenta actualmente con los servicios prestados por las líneas C1 y C2 de TUSSAM. Además, desde marzo de 2023 la línea 2 ha ampliado su recorrido para cubrir la Zona de Bajas Emisiones.

La nueva línea 2 - Circular Exterior de TUSSAM, que está recogida en la Red de Transporte Público de Media y Alta Capacidad de Sevilla del Plan de Movilidad Urbana Sostenible Sevilla 2030 aprobado por el pleno municipal de 12 de mayo de 2021, ha entrado en funcionamiento coincidiendo con la entrada en vigor de las restricciones a los vehículos más contaminantes, para ampliar las opciones de llegar a la Zona de Bajas Emisiones en transportes alternativos al vehículo privado.

La ampliación del recorrido supone pasar desde su parada termina en la Barqueta a una nueva terminal en Torre Sevilla, lo que implica un recorrido de 4,4 kilómetros por sentido en el interior de la Cartuja, con seis nuevas paradas en: Pabellón de Andalucía, Escuela de Ingeniería, Facultad de Comunicación, Louis Braille, Monasterio de la Cartuja y Torre Sevilla. También se han incrementado los vehículos que dan servicio a la línea 2, para garantizar las frecuencias de paso.

Esta nueva línea, con un recorrido muy similar al de la futura línea 4 del Metro, da servicio directo a la Cartuja sin trasbordo, mejorando la comodidad y los tiempos de viaje.

Posteriormente se mejorará con la dotación de carriles segregados del resto de tráfico, sistemas de prioridad semafórica en los cruces, y vehículos cero emisiones.

Los vehículos de transporte público de viajeros en vehículo de Turismo (Taxis y VTC), también pueden acceder al interior de las zonas restringidas.

4.4.2 BICICLETAS Y VEHÍCULOS DE MOVILIDAD PERSONAL

La Cartuja cuenta además con una amplia red de carriles bici segregados de más de 9 kilómetros, que recorren las principales arterias de la misma en dirección norte-sur y este-oeste y conectan con la red la ciudad a través de los puentes del Cachorro, pasarela de Cartuja, puente de la Barqueta y Puente del Alamillo, así como con el área Metropolitana del Aljarafe a través del Puente de la Señorita.

Igualmente, cuenta con una red de aparcabicicletas con capacidad para más de 550 plazas distribuidas de forma homogénea a lo largo de toda la Isla, y especialmente en el interior del PCT en torno a los principales edificios de oficinas o equipamientos.

A estos cicleros hay igualmente que añadir la red de bicicleteros instaladas en el interior del recinto de las distintas edificaciones, cada vez más numerosos, de carácter privado, así como las biciestaciones de SEVICI existentes, un total de 14, repartidas igualmente a lo largo de la Isla, y con una mayor concentración en el interior del PCT.

4.5 ALTERNATIVAS DE ESTACIONAMIENTO

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	15/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



En caso de estar afectado por los criterios de acceso a la ZBE y no disponer de alternativas de movilidad, la población podrá hacer uso de bolsas de aparcamiento gratuitas colindantes con el área de acceso restringido:

- En las 2.900 plazas de las bolsas de aparcamientos gratuitas existentes en la banda Oeste del Parque Científico Tecnológico, ubicadas en la Av. de Carlos III. Estas bolsas de aparcamiento se encuentran abiertas de 7.00 horas a 22.00 horas, los 365 días del año.
- En las 500 plazas de las bolsas de aparcamientos Norte gratuitas existentes entre Américo Vespucio y el viaducto de la SE-30, frente a los edificios de la Escuela de Ingenieros. Estas bolsas de aparcamiento se encuentran abiertas las 24 horas, los 365 días del año.

También es posible acceder y estacionar en cualquiera de los aparcamientos públicos de rotación existentes tanto en el interior de la zona restringida, como en los alrededores, con independencia del distintivo ambiental de su vehículo, bien en la modalidad de pago por minuto, o mediante abono en su caso. El sistema de reconocimiento de matrículas que se instalará en los puntos de entrada en las zonas indicadas cotejará su matrícula con las matrículas registradas en el acceso a los aparcamientos indicando al sistema que vehículo queda autorizado sin necesidad de llevar a cabo ningún trámite previo.

Los recorridos a pie desde los aparcamientos ubicados en el límite exterior de las zonas restringidas hasta el punto más alejado de los mismos (por ejemplo, un edificio ubicado junto al Camino de los Descubrimientos), suponen una distancia en los casos más desfavorables, de unos 500 metros, equivalentes a unos 6 minutos caminando.

También puede estacionar en cualquier punto de la isla de la Cartuja donde exista aparcamiento habilitado en la vía pública que no se encuentre en el interior de las zonas restringidas.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	16/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



5 SITUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

El presente apartado está dedicado a realizar un análisis de la calidad del aire en el municipio de Sevilla. Dado que el 1 de enero de 2023 entró en vigor la limitación de acceso de vehículos contaminantes a la Zona de Bajas Emisiones (ZBE) de la Cartuja, con todas las restricciones y excepciones definidas, es posible asumir que el cambio en los patrones de movilidad y parque móvil se irán produciendo de forma progresiva desde que se conocen las restricciones que afectarán a la ZBE. Es decir, los datos relativos a calidad del aire en 2023 puede que no representen de manera adecuada el escenario previo a la implantación de la ZBE. Por esta razón el análisis se realiza considerando un histórico de datos de 2018 a 2023.

Según la Zonificación de la Calidad del Aire publicada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) el municipio de Sevilla se encuentra dentro de la aglomeración denominada Nueva zona Sevilla y Área Metropolitana con código ES0125. La Red de Vigilancia de esta aglomeración se compone de las siguientes estaciones de medida oficiales:

Tabla 3. Estaciones de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Sevilla y parámetros medidos objeto de estudio.

ESTACIÓN	MUNICIPIO	TIPO	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
ALCALÁ DE GUADAÍRA	ALCALÁ DE GUADAÍRA	FONDO	X	X	-
DOS HERMANAS	DOS HERMANAS	FONDO	X	-	-
ALJARAFE	MAIRENA DE ALJARAFE	FONDO	X	X	-
BERMEJALES	SEVILLA	FONDO	X	X	X
CENTRO	SEVILLA	FONDO	X	-	-
LA RANILLA	SEVILLA	TRÁFICO	X	-	X
PRÍNCIPES	SEVILLA	FONDO	X	X	X
SAN JERÓNIMO	SEVILLA	INDUSTRIAL	X	-	-
SANTA CLARA	SEVILLA	FONDO	X	X	X
TORNEO	SEVILLA	TRÁFICO	X	X	X

De las estaciones contempladas en la aglomeración con código ES0125, se seleccionan para el análisis aquellas pertenecientes al municipio de Sevilla, quedando excluidas las siguientes estaciones al no pertenecer al municipio de Sevilla: Alcalá de Guadaíra, Dos Hermanas y Aljarafe.

A continuación, se muestra la localización de las estaciones contempladas para el análisis de situación de la calidad del aire:

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	17/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



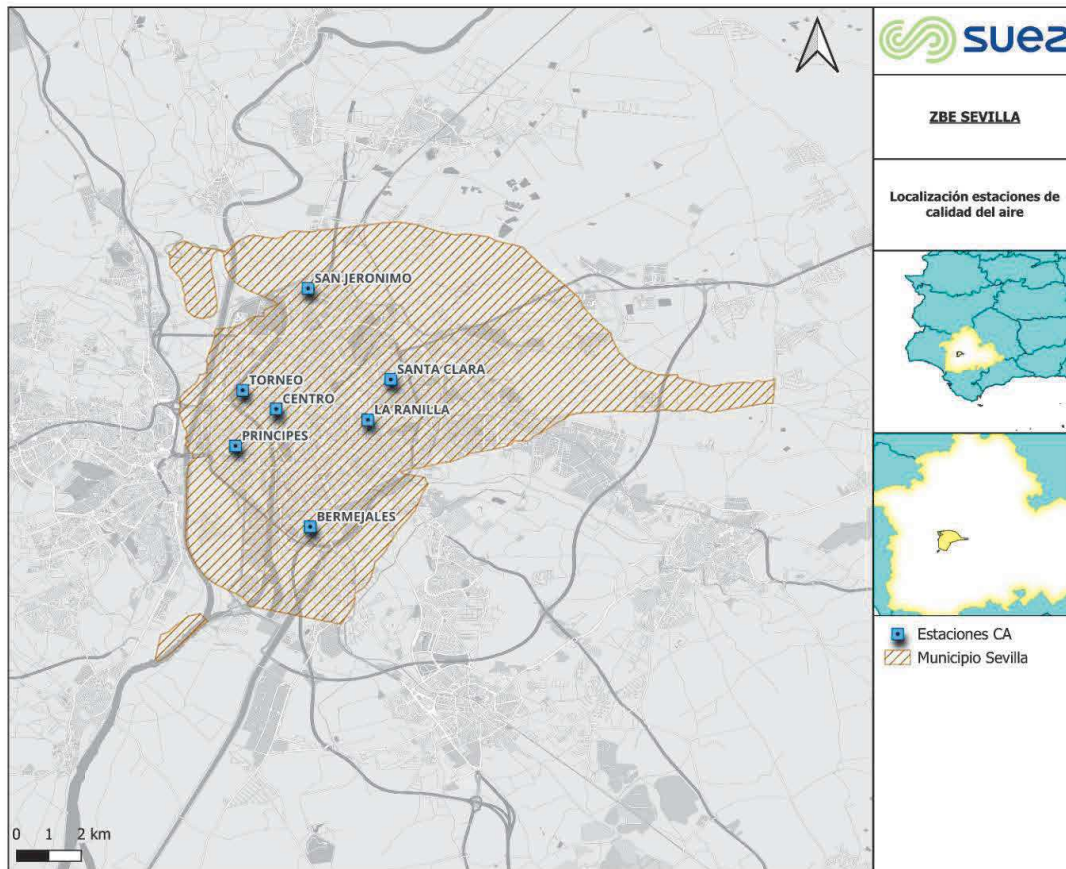


Figura 4. Estaciones de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire en la zona de estudio

Tal y como refleja el Informe de Calidad del Aire Ambiente anual (2022) emitido por la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul **no se han registrado superaciones de los valores límite establecidos en el Real Decreto 102/2011 durante el año 2022** para ninguno de los contaminantes evaluados en el presente estudio (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}).

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	18/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



Tabla 4. Resumen estadístico según RD 102/2011 para NO₂ en el año 2022.

	NO ₂						
	Media 1 h				Año civil		
	%	µg/m ³	Nº sup.		µg/m ³	Nº sup.	
	Datos válidos	V. Máximo	Salud Humana	Alerta	Promedio	Salud	Superación de límites
BERMEJALES	94,79	133	0	0	20	0	No
CENTRO	90,79	94	0	0	14	0	No
PRÍNCIPES	98,23	112	0	0	20	0	No
RANILLA	89,01	135	0	0	22	0	No
SAN JERÓNIMO	59,62	102	0	0	18	0	No ⁽¹⁾
SANTA CLARA	96,27	100	0	0	16	0	No
TORNEO	92,49	115	0	0	25	0	No

(1) Estaciones que no cumplen con el porcentaje de datos válidos establecido por legislación para medición fija (85%). Por tanto, estas estaciones participarán en la evaluación de la calidad del aire como medición indicativa.

(2)

Tabla 5. Resumen estadístico según RD 102/2011 para PM₁₀ en el año 2022.

	PM ₁₀					
	Media 24 h			Año civil		
	%	µg/m ³	Nº sup.	µg/m ³	Nº sup.	
	Datos válidos	V. Máximo	Salud Humana	Promedio	Salud Humana	Superación de límites
BERMEJALES	99,45	73	2	21	0	No
PRÍNCIPES	98,90	61	2	23	0	No
SANTA CLARA	93,70	57	3	22	0	No
TORNEO	100	70	2	24	0	No

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	19/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



Tabla 6. Resumen estadístico según RD 102/2011 para PM_{2,5} en el año 2022.

	PM _{2,5}			
	%	µg/m³	µg/m³	Superación de límites
	Datos válidos	V. Máximo	Promedio	
PRÍNCIPES ⁽¹⁾	33,7	22	7,3	No
SANTA CLARA	95,89	30	10	No
TORNEO	100	26	9,8	No
RANILLA	95,07	45	10	No

⁽¹⁾ Estaciones que participan con datos gravimétricos y por tanto participan en la evaluación con un porcentaje de datos válidos en el año mayor al 12,6 %.

En cuanto al año 2023, las conclusiones se mantienen respecto al año anterior, cumpliéndose los valores límite del RD 102/2011. Dado que a fecha de la elaboración de este informe no ha sido publicado el correspondiente informe anual, el resumen se ha hecho a partir de los informes mensuales. Estos datos deben tomarse a título indicativo y no estrictamente para la evaluación respecto a la normativa de calidad del aire por dos cuestiones:

- Es necesaria realizar una corrección de los datos automáticos de material particulado por el factor beta-gravimétrico, con el propósito de poder referir dichas mediciones al método de referencia (gravimétrico)
- A los datos no se les ha aplicado el descuento por aportes naturales de partículas correspondientes a intrusiones saharianas. Según el RD 102/2011 aquellas superaciones atribuibles a este tipo de fuentes no se consideran superaciones a efectos de lo expuesto en la citada normativa.

Tabla 7. Resumen estadístico según RD 102/2011 para NO₂ en el año 2023.

	NO ₂						
	Media 1 h				Año civil		Superación de límites
	%	µg/m³	Nº sup.		µg/m³	Nº sup.	
	Datos válidos	V. Máximo	Salud Humana	Alerta	Promedio	Salud	
BERMEJALES	97,2	133	0	0	21	0	No
CENTRO	98,03	93	0	0	13	0	No
PRÍNCIPES	98,23	126	0	0	19	0	No
RANILLA	96,31	161	0	0	23	0	No
SAN JERÓNIMO	25,3	132	0	0	16	0	No ⁽¹⁾
SANTA CLARA	92,5	105	0	0	16	0	No
TORNEO	97,34	157	0	0	26	0	No

⁽¹⁾ En Estaciones que no cumplen con el porcentaje de datos válidos establecido por legislación para medición fija (85%). Por tanto, estas estaciones participarán en la evaluación de la calidad del aire como medición indicativa.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23	
Observaciones		Página	20/61	
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==			

Tabla 8. Resumen estadístico según RD 102/2011 para PM₁₀ en el año 2023.

	PM ₁₀					
	Media 24 h			Año civil		Superación de límites
	Datos válidos	V. Máximo	Nº sup.	Promedio	Nº sup.	
			Salud Humana		Salud Humana	
BERMEJALES	99,45	76	14	24	0	No
PRÍNCIPES	99,73	80	10	23	0	No
SANTA CLARA	96,71	68	5	20	0	No
TORNEO	93,7	74	10	25	0	No

Tabla 9. Resumen estadístico según RD 102/2011 para PM_{2,5} en el año 2023.

	PM _{2,5}			
	%	µg/m³	µg/m³	Superación de límites
	(% Datos válidos)	V. Máximo	Promedio	
RANILLA	99,73	42	11	No
SANTA CLARA	95,89	48	10	No
TORNEO	89,59	27	10	No

En lo que atañe a las partículas en suspensión, es necesario mencionar que sus niveles pueden estar influidos por fenómenos naturales como las intrusiones de polvo africano. A este respecto, y según se especifica en los informes anuales publicados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en su página ¹web, el % medio de días del período 2018-2022 con influencia de polvo africano en el Suroeste fue de un 27 %, esto es, casi 99 días/año. A su vez, la contribución media de polvo africano a los niveles de PM₁₀ en el Suroeste durante el período 2018-2022 fue de 3,38 µg/m³. Se percibe una tendencia ascendente a lo largo del periodo analizado, cada año siendo más frecuentes y con una mayor contribución al aporte total de partículas en la zona Suroeste.

¹ <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/evaluacion-datos/fuentes-naturales/anuales.html>

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	21/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



Tabla 10. Porcentaje de días con influencia de polvo africano en Suroeste y contribución media anual a los niveles de PM₁₀ (µg/m³), 2018-2022

	% días con influencia de polvo africano	Contribución media anual a los niveles de PM ₁₀ (µg/m³)
2018	23	2,3
2019	22	0,9
2020	29	2,8
2021	30	4,6
2022	31	6,3

Respecto a las tendencias de los niveles de calidad del aire frente a los valores establecidos en la normativa vigente (Real Decreto 102/2011), en las gráficas de aquellas estaciones de Sevilla que disponen de datos en todas las anualidades del quinquenio 2019-2023 que se muestran a continuación, se puede observar la evolución de los siguientes estadísticos:

- Valor medio anual de NO₂: estadístico asociado al cumplimiento del valor límite anual de este contaminante (40 µg/m³)
- Valor máximo y número de superaciones de los valores promedios horarios de NO₂: estadísticos asociados al cumplimiento del valor límite horario de este contaminante (200 µg/m³)
- Valor medio anual de PM₁₀: estadístico asociado al cumplimiento del valor límite anual de este contaminante (40 µg/m³)
- Valor máximo y número de superaciones de los valores promedios diarios de PM₁₀: estadísticos asociados al cumplimiento del valor límite diario de este contaminante (50 µg/m³)
- Valor medio anual de PM_{2,5}: estadístico asociado al cumplimiento del valor límite anual de este contaminante (25 µg/m³)

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	22/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



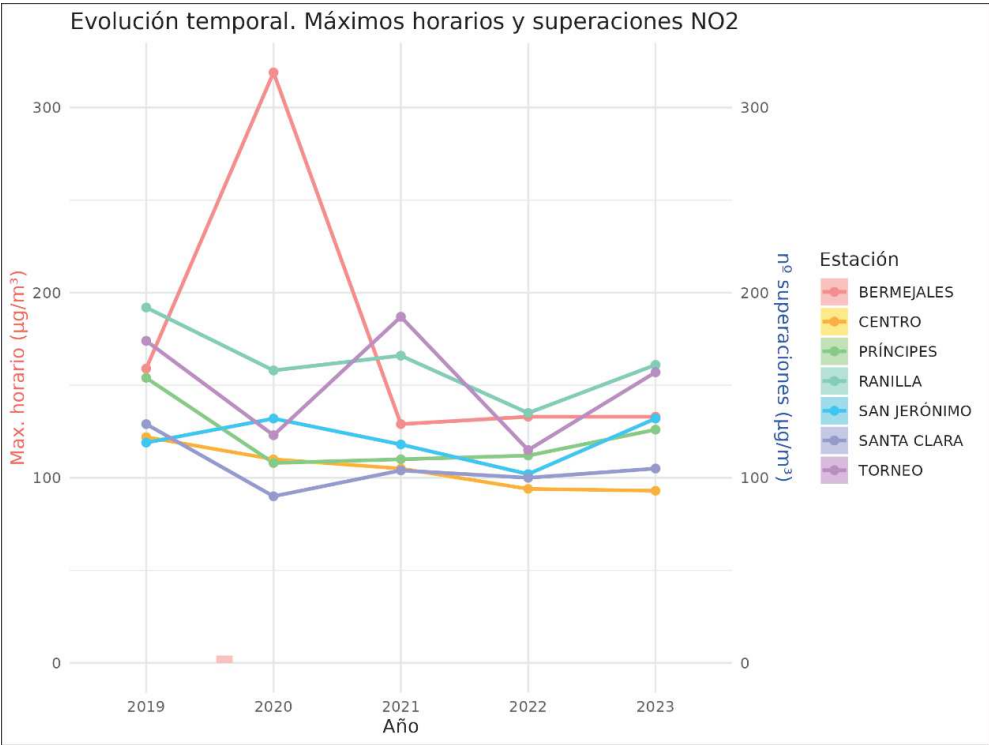


Figura 5. Evolución temporal de los máximos horarios (líneas) y superaciones (barras) para NO₂

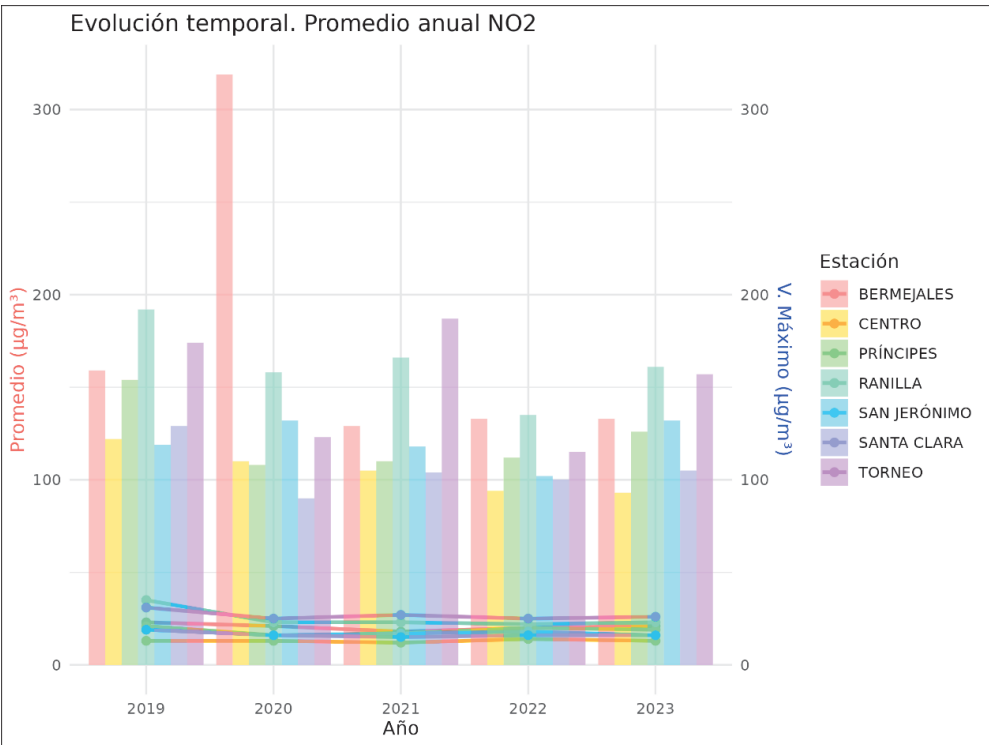


Figura 6. Evolución temporal de los promedios anuales (líneas) y máximos horarios (barras) para NO₂

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	23/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



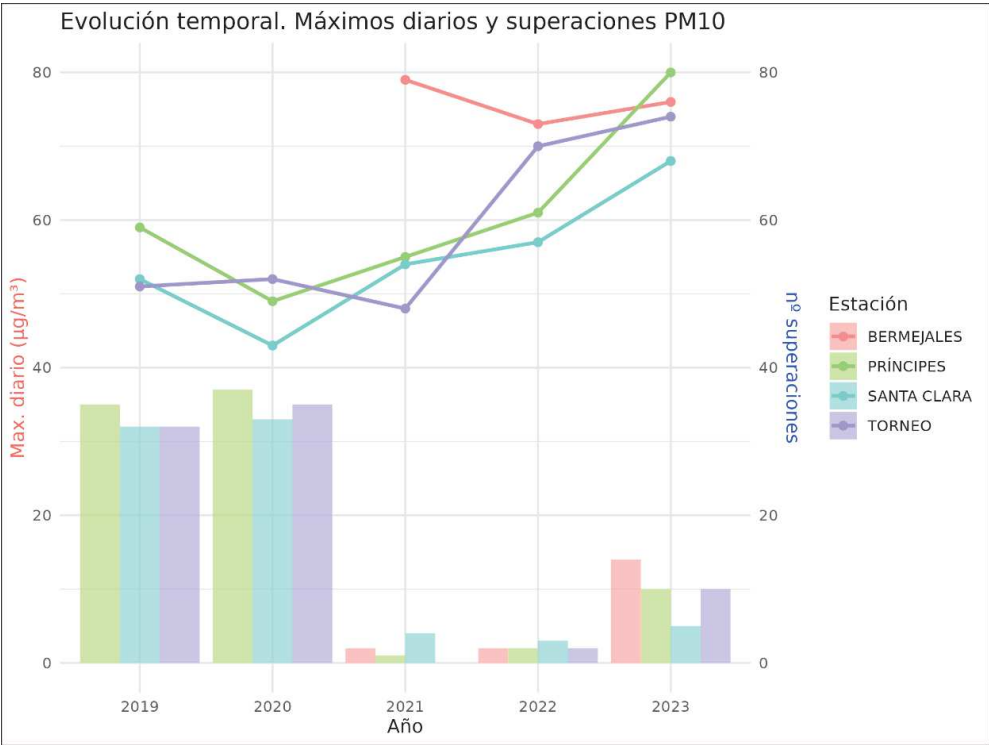


Figura 7. Evolución temporal de los máximos diarios (líneas) y superaciones (barras) para PM₁₀

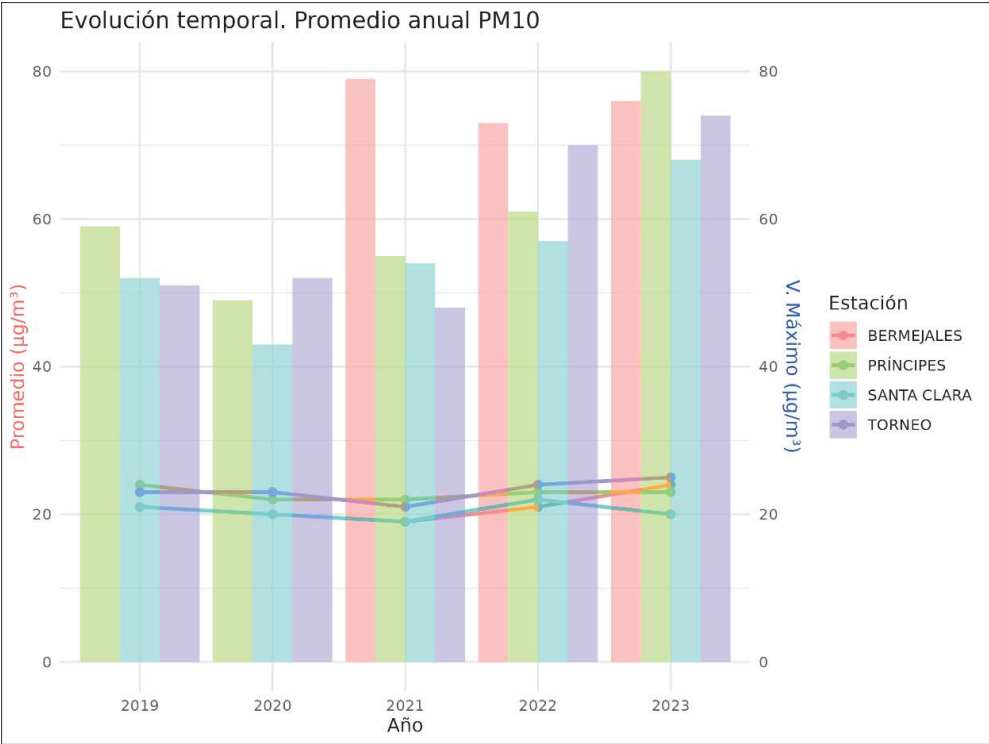


Figura 8. Evolución temporal de los promedios anuales (líneas) y máximos diarios (barras) para PM₁₀

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	24/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



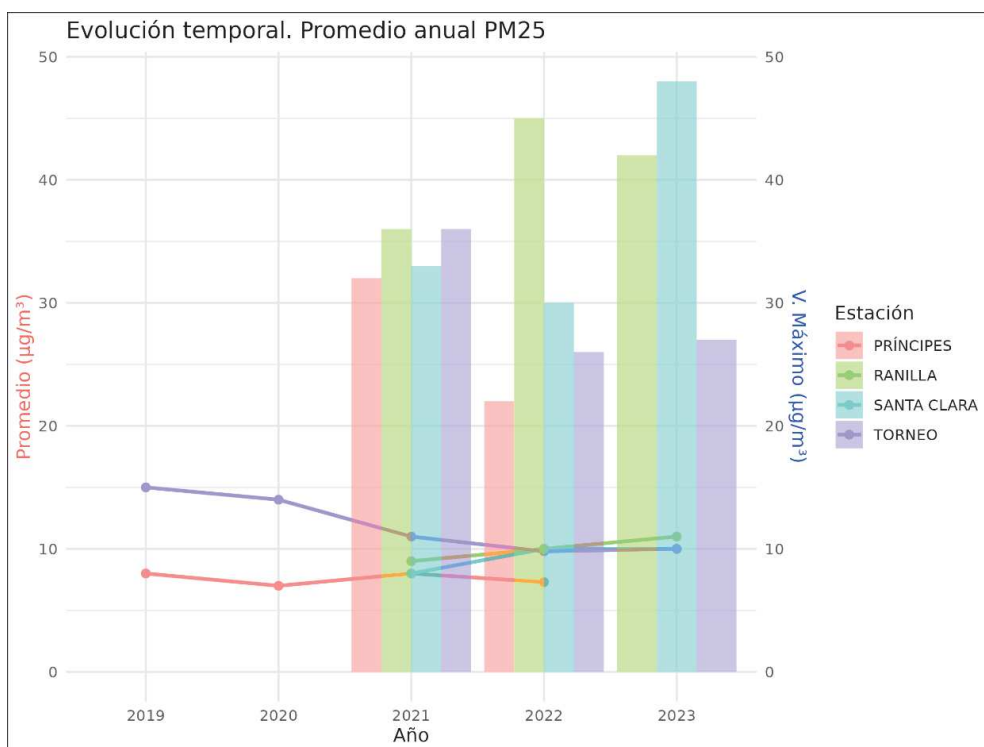


Figura 9. Evolución temporal de los promedios anuales (líneas) y máximos diarios (barras) para PM_{2,5}

Según lo anterior, los estadísticos de NO₂ y PM_{2,5} muestran una tendencia descendente durante el quinquenio analizado con un ligero repunte durante el año 2023. En cuanto a PM₁₀ se observa cierta estabilidad respecto a los promedios anuales, sin embargo, se aprecia una tendencia ascendente en los valores máximos diarios, aunque el número de superaciones indica que la frecuencia de los episodios por partículas se reduce cada año.

Por lo que respecta a la **situación de la calidad del aire frente a los valores recomendados por la OMS**, en el informe ²*EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA año 2022*, publicado por el Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), se presenta, además de lo ya indicado en el apartado anterior con respecto a la evaluación frente a la normativa vigente, un análisis por contaminante de la situación de cada zona de calidad del aire frente a niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), empleando para ello el estadístico correspondiente a aquella estación en la que se registraron los valores más elevados.

² https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/sgalsi/atm%C3%B3sfera-y-calidad-del-aire/evaluaci%C3%B3n-2022/Informe%20evaluaci%C3%B3n%20calidad%20aire%20Espa%C3%B1a%202022_22092023.pdf

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	25/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



Tabla 11. Valores recomendados por la OMS

Parámetro	Legislación	OMS
SO ₂ Diario	125 µg/m ³ (3 veces/año)	40 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
NO ₂ Anual	40 µg/m ³	10 µg/m ³
NO ₂ Diario	--	25 µg/m ³ (3 o 4 veces/año)
PM ₁₀ Anual	40 µg/m ³	15 µg/m ³
PM ₁₀ Diario	50 µg/m ³ (35 veces/año)	45 µg/m ³ (3 o 4 veces/año)
PM _{2,5} Anual	25 µg/m ³	5 µg/m ³
PM _{2,5} Diario	--	15 µg/m ³ (3 o 4 veces/año)
O ₃ 8H	120 µg/m ³	100 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
O ₃ PS	--	60 µg/m ³

8H: máxima diaria de las medias móviles octohorarios; PS: Peak Season

El resultado de dicho ejercicio para la aglomeración Nueva zona Sevilla y Área Metropolitana (ES0125), en la cual se encuadra el municipio de Sevilla, se resume en la tabla siguiente:

Tabla 12. Resultado de la evaluación de ES0125 frente a valores recomendados por la OMS (Fuente: MITERD)

Parámetro	Estadístico	Legislación	OMS
SO ₂ Diario	Nº superaciones	0	0
NO ₂ Anual	Promedio (µg/m ³)	25	25
NO ₂ Diario	Nº superaciones	-	164
PM ₁₀ Anual	Promedio (µg/m ³)	31	31
PM ₁₀ Diario	Nº superaciones	33	42
PM _{2,5} Anual	Promedio (µg/m ³)	13	13
PM _{2,5} Diario	Nº superaciones	-	72
O ₃ 8H	Nº superaciones	29	87
O ₃ PS	Promedio (µg/m ³)	-	102

8H: máxima diaria de las medias móviles octohorarios; PS: Peak Season

En verde los valores que no superan los límites establecidos a nivel europeo o las recomendaciones de la OMS, en amarillo superaciones de las recomendaciones de la OMS y en rojo superaciones de los valores límite legislados.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23	
Observaciones		Página	26/61	
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==			

6 SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZBE

De cara al seguimiento de los indicadores de la calidad del aire propuestos en el RD 1052/2022, se establece que podrán emplearse los valores medidos en las estaciones de calidad del aire del municipio. Estas estaciones cumplen los requisitos impuestos en el RD 102/2011 para los sistemas de medición, por lo que son una fuente de datos adecuada para la evaluación de la calidad del aire. Tal y como se expone en la Tabla 3, el municipio de Sevilla cuenta actualmente con una red compuesta por 7 estaciones de fondo, 2 de tráfico y 1 industrial.

Estas estaciones de referencia serán empleadas para analizar el impacto producido en zonas externas a la ZBE, en especial la estación TORNEO debido a su proximidad, sin embargo, es necesario proponer un sistema de seguimiento también para el interior de la ZBE.

En ausencia de medidas fijas, en el RD 1052/2022 se propone la posibilidad de realizar el seguimiento mediante campañas de medición indicativas, que cuentan con unos objetivos de calidad del dato menos estrictos.

Bajo estas premisas, la monitorización en continuo es la opción más fiable para la evaluación de la calidad del aire en la ZBE. La ampliación de la red de calidad del aire mediante métodos de medida tradicionales es un proceso complejo y puede suponer un costo económico y temporal elevado, haciendo inviable su ejecución. Por esta razón, se propone el uso de sensores de medida alternativos, para la medición en continuo de los principales contaminantes procedentes de las emisiones de tráfico, NO_x, PM₁₀ y PM_{2.5}. Cabe destacar que las técnicas de medida empleadas por los sensores seleccionados deberán demostrar equivalencia con el método de referencia del RD 102/2011.

La propuesta de emplazamiento para los puntos de muestreo se ha realizado en base a los criterios de macro y micro implantación del RD 102/2011 y su posterior modificación mediante el RD 39/2017:

Tabla 13. Criterios de micro y macro implantación detallados en el RD 102/2011 y RD 39/2017.

II. Macroimplantación de los puntos de muestreo	
Los puntos de muestreo deberán estar situados de tal manera que se evite la medición de microambientes muy pequeños en sus proximidades.	
En los emplazamientos de tráfico los puntos de muestreo deberán estar ubicados de manera que sean, en la medida de lo posible, representativos de la calidad del aire de un segmento de calle no inferior a 100 m de longitud y en los emplazamientos industriales de manera que sean representativos de al menos 250 m × 250 m.	
Cuando sea posible, los puntos de muestreo deberán ser también representativos de emplazamientos similares que no estén en su proximidad inmediata.	
III. Microimplantación de los puntos de muestreo	
No deberán existir restricciones al flujo de aire alrededor del punto de entrada del sistema, ni obstáculos que afecten al flujo de aire en la vecindad del equipo de medición/captación (en general, libre en un arco de al menos 270° o de 180° en el caso de los puntos de medición de la línea de edificios).	
El punto de entrada de la toma de muestra se colocará a varios metros de edificios, balcones, árboles y otros obstáculos y, como mínimo, a 0,5 m del edificio más próximo en el caso de puntos de medición representativos de la calidad del aire en la línea de edificios.	
El punto de entrada de la toma de muestra deberá estar situado entre 1,5 m, que equivale a la zona de respiración, y 4 m sobre el nivel del suelo.	

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	27/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



El punto de entrada de la toma de muestra no deberá estar situado en las proximidades de fuentes de emisión para evitar la entrada directa de emisiones sin mezclar con el aire ambiente.
La salida del sistema de medición deberá colocarse de tal forma que se evite la recirculación del aire saliente hacia la entrada del sistema.
En los emplazamientos de tráfico , para todos los contaminantes, los puntos de medición deberán estar, al menos, a 25 m del borde de los cruces principales y a una distancia no superior a 10 m del borde exterior de la acera . Se entiende como cruces principales aquellos que interrumpen el flujo del tráfico y provocan emisiones distintas (parada y arranque) de las que se producen en el resto de la carretera.
Además, podrán tenerse en cuenta, seguridad, accesos, posibilidad de conexión a las redes eléctrica y telefónica, visibilidad del lugar en relación con su entorno, seguridad de la población y de los técnicos, interés de una implantación común de puntos de medición de distintos contaminantes y normas urbanísticas
Cualquier excepción a los criterios enumerados en el presente apartado deberá estar documentada exhaustivamente, de acuerdo con los procedimientos descritos en el apartado IV

Puesto que el objetivo final es permitir realizar un seguimiento de los indicadores de calidad del aire en la ZBE, las medidas deberán ser representativas de la contribución del tráfico y, por tanto, la estación se clasificará, en función de la principal fuente de emisión, como estación de tráfico.

6.1 PROPUESTA PARA LA UBICACIÓN DE LOS NUEVOS PUNTOS DE MONITORIZACIÓN

Tras el análisis de la zona, debido a la ausencia de datos observados en el interior de la ZBE, se proponen 2 nuevas ubicaciones para la instalación de sistemas de monitorización de la calidad del aire con la finalidad de poder hacer un seguimiento de los impactos derivados de la implantación de la ZBE. Las ubicaciones propuestas son una aproximación preliminar a falta de verificación insitu.

En la zona Cartuja Norte, se ha seleccionado como punto óptimo la calle Leonardo da Vinci. Se trata de una de las vías principales del parque científico y tecnológico de la Cartuja. Se trata de un punto estratégico muy próximo a uno de los accesos a la ZBE (calle Marie Curie) y que concentra una parte importante de los vehículos que tienen como destino el PCT Cartuja. Concretamente, la localización propuesta se encuentra en un punto intermedio entre el cruce de la calle Leonardo da Vinci con la calle Jacques Cousteau y con la calle Isaac Newton.

Por otra parte, para el seguimiento de la zona Cartuja Sur, de nuevo se opta por una de las arterias principales, en este caso, la calle Américo Vespucio. Parte de esta calle se encuentra dentro de la ZBE, comenzando en la intersección con la calle Francisco de Montesinos al suroeste del PCT y terminando en la zona noreste en la intersección con la calle Denis Papín. Su ubicación concreta se encuentra a media distancia entre el cruce de la calle Américo Vespucio con la calle Leonardo da Vinci y con la calle Gregor J. Mendel

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	28/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



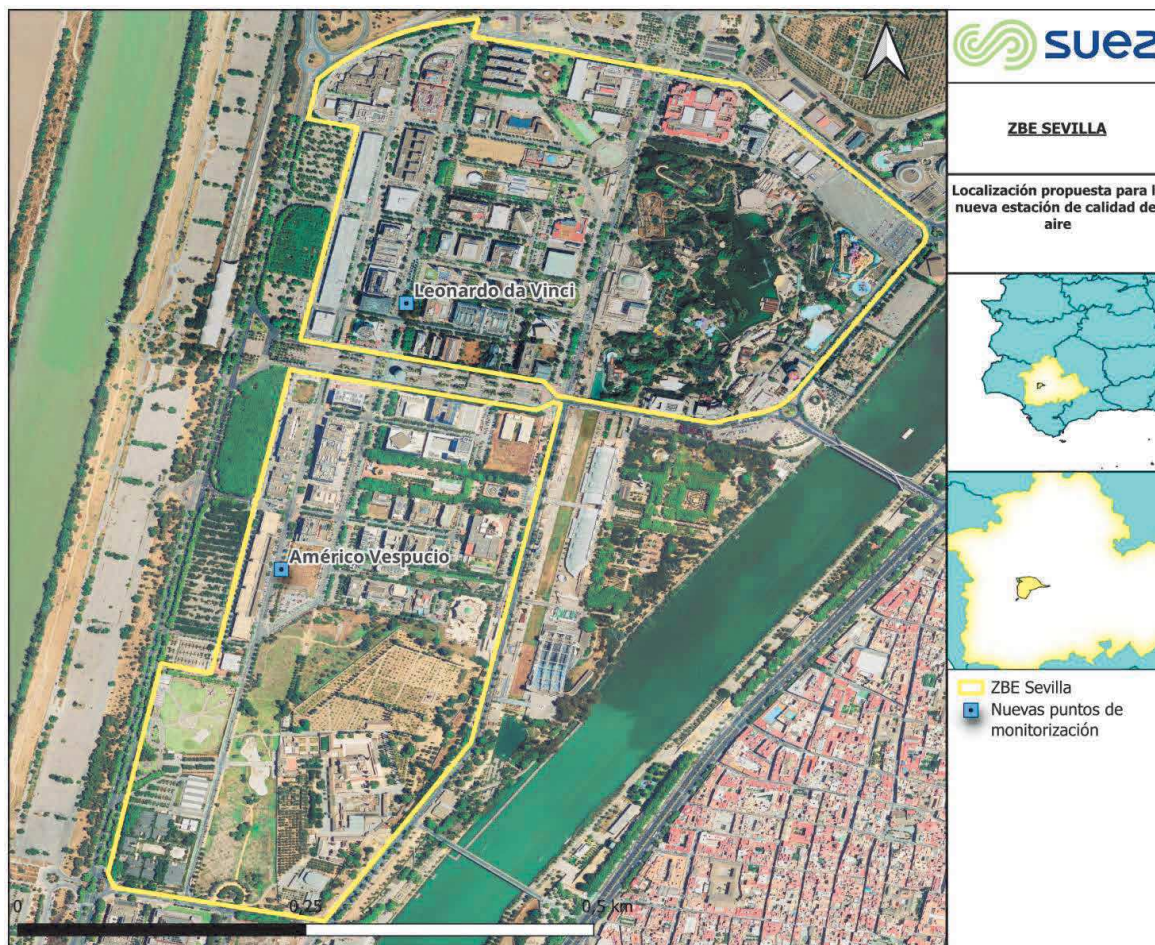


Figura 10. Localización propuesta para la nueva estación de calidad del aire.

Tal como indica el Real Decreto 39/2017 modificando el apartado IV del RD. 102/2011, la nueva ubicación de una estación debe documentarse detalladamente, y registrarse la información que justifique la elección de su emplazamiento. La documentación deberá incluir fotografías de la zona circundante del punto de medición con indicación de las coordenadas geográficas y mapas detallados. Esta información deberá actualizarse si resulta necesario y revisarse al menos cada cinco años para que los criterios de selección, el diseño de la red y la ubicación de los puntos de medición sigan siendo válidos y óptimos a lo largo del tiempo.

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de las ubicaciones propuestas:

Tabla 14. Coordenadas propuestas para los nuevos puntos de monitorización de la calidad del aire

Estación	Tipo de estación	Tipo de área	WGS84 UTM HUSO 30	
			x	y
AMÉRICO VESPUCIO	Tráfico	Urbana	233.671	4.143.748
LEONARDO DA VINCI	Tráfico	Urbana	233.906	4.144.320

A continuación, se muestran imágenes en el entorno de ambas ubicaciones:

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	29/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		





Figura 11. Visualización del entorno del punto de monitorización propuesto en la calle Américo Vespucio. Norte (arriba izquierda), Sur (arriba derecha), Oeste (abajo izquierda), Este (abajo derecha)

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	30/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		





Figura 12. Visualización del entorno del punto de monitorización propuesto en la calle Leonardo da Vinci. Norte (arriba izquierda), Sur (arriba derecha), Oeste (abajo izquierda), Este (abajo derecha)

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	31/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



6.2 ZONIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

En cuanto a zonificación de calidad del aire, los nuevos sensores se encontrarían encuadrados en la zona denominada “Zona de Sevilla y Área Metropolitana” (ES0125).

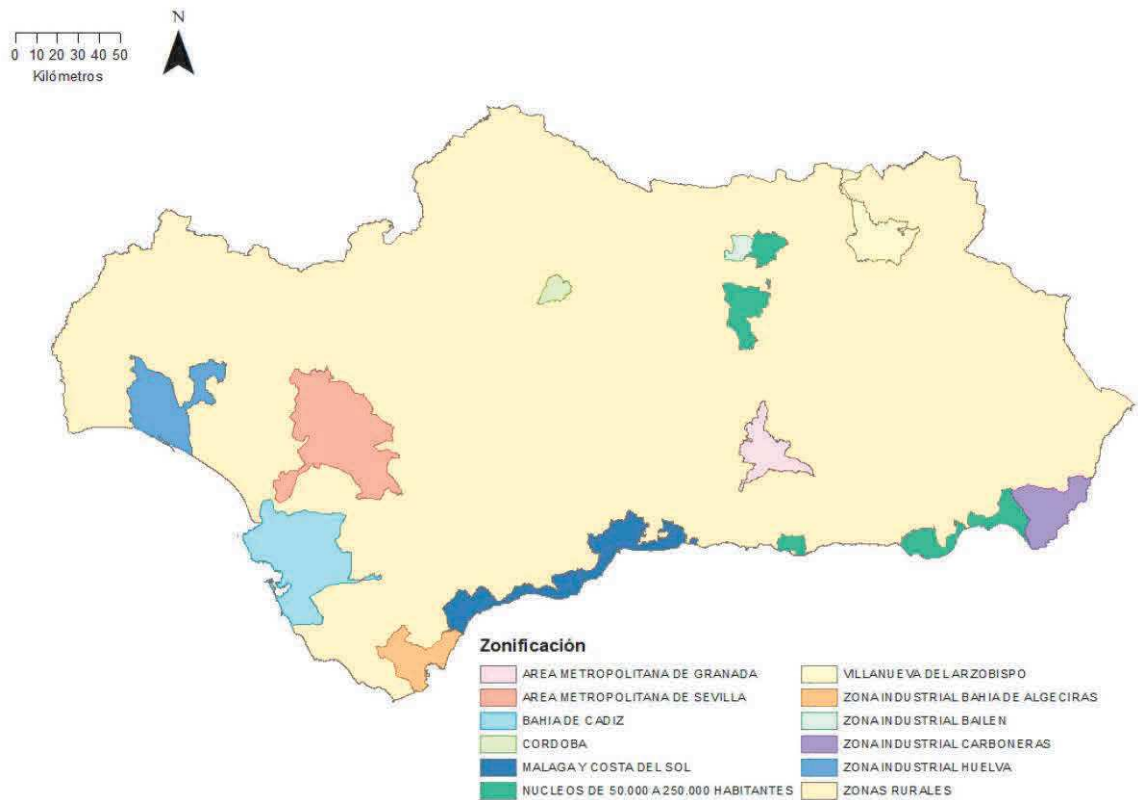


Figura 13. Mapa de zonificación para la evaluación de la calidad del aire (Fuente: Informe de Calidad del Aire Ambiente. Diciembre 2023. Junta de Andalucía).

6.3 PROPUESTA DE EQUIPOS DE MEDIDA

Se propone como solución el empleo de dispositivos de medida alternativos a los métodos de referencia para la monitorización en continuo de la calidad del aire basados en tecnología de sensores con comunicación inalámbrica 2G/3G/4G integrada, y GPS incorporado para georreferenciar cada estación en los emplazamientos determinados. Estos deben tener la capacidad de ser a través de la red eléctrica, o bien, a partir de una batería de alta capacidad y un panel solar haciéndolos totalmente autónomos. De esta forma, se simplifica su instalación (no requiere de obra civil), se reducen costes y, además, al no exigir una ubicación fija pueden reubicarse en caso de ser necesario.

Las características mínimas recomendables para los sensores de medida se muestran a continuación:

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	32/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



Tabla 15. Características técnicas recomendables de los sensores de gases

SENSORES DE GASES	LDL (ppb)	TIEMPO DE VIDA ÚTIL	TIEMPO DE RESPUESTA	RANGO DE MEDIDA	PRECISIÓN	EXACTITUD	RESOLUCIÓN O INCERTIDUMBRE
NO_2	2	>36 meses	60s	0-5000 ppb	>0,8	±5ppb	1ppb
PM_{10}	-	<36 meses	1s	0-2000 $\mu g/m^3$	>0,6	±18 $\mu g/m^3$	1 $\mu g/m^3$
$PM_{2,5}$	-	<36 meses	1s	0-1500 $\mu g/m^3$	>0,7	±10 $\mu g/m^3$	1 $\mu g/m^3$

6.4 EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN

La finalidad de los nuevos puntos de monitorización es, por un lado, el seguimiento de la ZBE de Sevilla, por lo que deben cumplir los requisitos del RD 102/2011 y RD 39/2017.

Su ubicación fue estratégicamente seleccionada para el fin principal, medir el aporte del tráfico a los niveles de contaminación de la ZBE. Por este motivo se clasifican ambas estaciones como urbana de tráfico.

6.4.1 CRITERIOS DE MACROIMPLANTACIÓN

Las estaciones se encuentran ubicadas en dos de las principales vías de tráfico rodado del PCT Cartuja. Se trata de una zona rodeada de diversos edificios públicos, educativos y privados, ya que básicamente se trata de una zona destinada al sector servicios en la que la mayoría de población no es residente, sino población desplazada.

La contribución principal de emisiones en el entorno es el tráfico, con cierta influencia del sector servicios. Son las carreteras en las que el modelo SUMO predice una mayor afluencia de tráfico y, por tanto, reflejarán con mayor claridad la eficiencia de las medidas implantadas en la ZBE. Se considera que los emplazamientos seleccionados son representativos de la calidad del aire en un segmento de calle no inferior a 100 m de longitud.

La ubicación de las estaciones se ha seleccionado de forma que se evita la medición de microambientes muy pequeños en sus proximidades, ya que se trata de una zona despejada.

6.4.2 CRITERIOS DE MICROIMPLANTACIÓN

No se identifican restricciones ni obstrucciones al flujo de aire alrededor del punto de muestreo de gases y partículas PM_{10} y $PM_{2,5}$. Este punto se encuentra alejado de edificios, balcones y con una distancia adecuada de los árboles cercanos.

El punto de entrada se colocará mediante un mástil o aprovechando estructuras ya existentes, a una altura entre 1,5 y 4 metros sobre el nivel del suelo.

Está ubicado lejos de posibles fuentes de emisión directa, asegurando que el aire medido no esté influido por emisiones inmediatas y se mezcle correctamente con el aire ambiente.

La salida del sistema de medición está en una posición adecuada, sin que haya riesgo de recirculación del aire expulsado hacia el punto de entrada.

No hay intersecciones principales a menos de 25 metros del punto de medición.

La estación dispone de conexión eléctrica y telefónica, acceso sencillo y condiciones de seguridad para los operarios, sin afectar negativamente al entorno visual.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	33/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



7 INVENTARIO DE EMISIONES

7.1 TRÁFICO RODADO

El crecimiento económico, la continua expansión de las ciudades o el histórico aumento en la flota de vehículos son factores que están correlacionados con el incremento en los flujos vehiculares y episodios de congestión en la red viaria y por ende las emisiones de tráfico. Una correcta gestión de la movilidad es imprescindible hoy en día para evitar consecuencias negativas en términos sociales, económicos y ambientales.

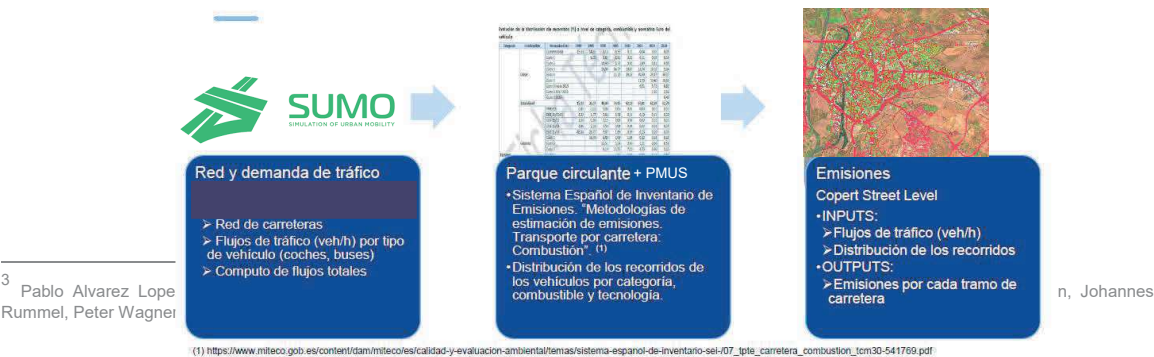
Dado que el objeto principal del presente estudio es evaluar el impacto de la ZBE en la calidad del aire, es necesario emplear técnicas de modelización para la estimación de flujos y emisiones del tráfico bajo las nuevas restricciones de acceso. En concreto se ha empleado el modelo SUMO (Simulation of Urban MObility)³ para la estimación de los flujos de tráfico y se ha empleado la metodología COPERT (Factores de Emisión de la Agencia Europea de Medio Ambiente) para la estimación de las emisiones por tramo de carretera.

7.1.1 METODOLOGÍA

Se resume a continuación la información considerada para la estimación de emisiones:

• Tráfico Rodado:

- **Red de carreteras:** La red de carreteras se ha construido a partir de datos de OpenStreetMaps (OSM). Las carreteras se han convertido a un formato adecuado, necesario para alimentar el modelo de asignación de tráfico (Simulation of Urban MObility) SUMO. Para ello la red de carreteras se ha corregido conforme a la información proporcionada en el Plan de Movilidad Urbano Sostenible (PMUS).
- **Datos de actividad:** Para la determinación de la demanda de tráfico se han empleado los datos procedentes de sensores de tráfico proporcionados por el cliente para el año 2022 y 2023. La asignación de la demanda de tráfico se ha realizado mediante el modelo SUMO, obteniendo las intensidades de tráfico en toda la red de carreteras del municipio.
- **Cálculo de emisiones:** La estimación de las emisiones se ha realizado siguiendo la metodología COPERT (Factores de Emisión de la Agencia Europea de Medio Ambiente), la cual considera emisiones por escape y emisiones por desgaste de frenos y neumáticos y abrasión del pavimento.



L-002079_ZBE

Categoría	Combustible	Normativa Euro	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020
Turismos	Diésel	Convencional	15.13	14.35	3.18	0.56	0.11	0.04	0.03	0.03
Turismos	Diésel	Euro 1		6.02	2.67	0.91	0.33	0.11	0.05	0.05
Turismos	Diésel	Euro 2			16.48	6.72	3.65	1.69	0.81	0.66
Turismos	Diésel	Euro 3			15.56	34.77	18.67	13.74	10.15	9.34
Turismos	Diésel	Euro 4				11.1	39.23	30.39	29.87	30.07
Turismos	Diésel	Euro 5						12.53	10.4	10.66
Turismos	Diésel	Euro 6 hasta 2016						6.51	9.71	8.82
Turismos	Diésel	Euro 6 2017-2019							1.95	2.56
Turismos	Diésel	Euro 6 2020+								0.49
Turismos	Gasolina	PRE ECE	0.31	0.12	0.04	0.01	0.01	0	0.01	0.01
Turismos	Gasolina	ECE 15/00-01	4.22	1.77	0.64	0.23	0.14	0.1	0.11	0.1
Turismos	Gasolina	ECE 44/92	1.99	0.89	0.15	0.06	0.03	0.02	0.02	0.02

4 de 122

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	34/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



Figura 14. Esquema de cálculo de emisiones de tráfico

7.1.1.1 CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE CARRETERAS

La red del modelo SUMO está compuesta por nodos que actúan como conectores entre los diferentes elementos de la red: carreteras, carriles, intersecciones y conexiones. Usualmente, la opción más factible para la generación de la red de carreteras del modelo consiste en importar los datos de Open Street Map (OSM), ya que se trata de un proyecto colaborativo en continua actualización y desarrollo con un servicio de datos de libre acceso (Open Data). Dicho servicio contiene información precisa de las características de cada carretera, como la velocidad permitida, longitud del tramo, número de carriles, sentido... Para importar las carreteras de OSM, SUMO dispone de la herramienta NETCONVERT que facilita la conversión de los datos del formato OSM a formato SUMO. Esta metodología se ha aplicado para la creación de la red con un postprocesado manual mediante la herramienta NETEDIT que cuenta con una interfaz gráfica

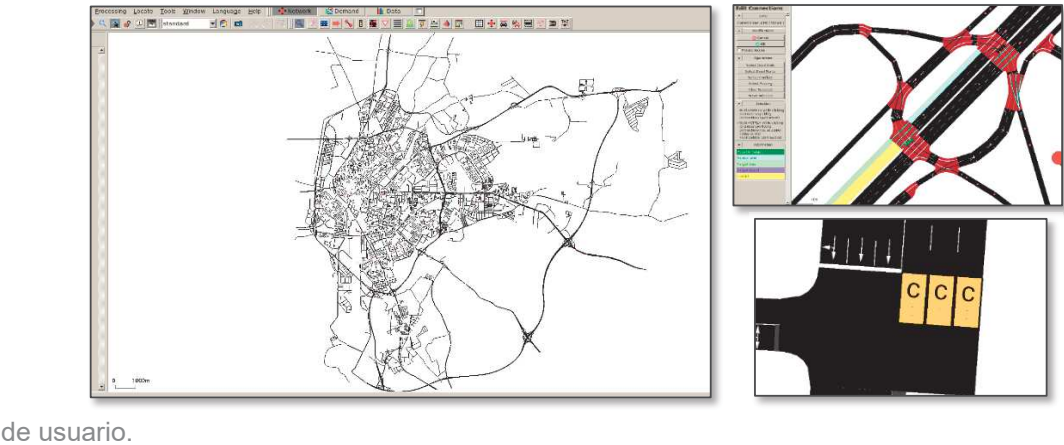


Figura 15. Red de carreteras del municipio de Sevilla cargada en la herramienta NETEDIT.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	35/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



7.1.1.2 CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE CIRCULANTE

El parque automovilístico del municipio de Sevilla, según la Dirección General de Tráfico (DGT) en sus últimas actualizaciones para los años 2022 y 2023, sigue la siguiente distribución en cuanto a tipología de vehículo. Los datos relativos a los ciclomotores para el municipio de Sevilla se han extraído del INE (Instituto Nacional de Estadística) al no estar presente esta categoría por municipio en los datos de la DGT:

Tabla 16. Parque móvil en el municipio de Sevilla por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	2022	2023
	Nº de vehículos	Nº de vehículos
Autobuses y autocares	1.068	1.080
Ciclomotores	38.489	38.019
Motocicletas	65.575	67.354
Turismos	326.853	323.695
Vehículos ligeros < 3,5 t	21.448	22.217
Camiones	22.437	22.159
Parque total	475.870	474.524

Se observan cambios poco significativos entre ambos años, decrece el número de turismos, ciclomotores y camiones, mientras que hay un incremento en el caso de furgonetas y motocicletas. En todos los casos el porcentaje de cambio respecto al año 2022 es inferior al 4 %, siendo lo más destacado el aumento en el número de furgonetas.

A pesar de esto, el parque censado en el municipio puede no ser representativo para la estimación de emisiones dado que cobran relevancia otros factores como el número de kilómetros recorridos por cada categoría de vehículo. Para salvar estas posibles discrepancias se aplicado una ponderación sobre el nº de vehículos en función de los datos publicados de la DGT para el año 2022 en los que se hace una estimación de los kilómetros recorridos a nivel de municipio y, además, una desagregación por tipo de vehículo, combustible y normativa de emisiones (base para el distintivo ambiental).

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	36/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



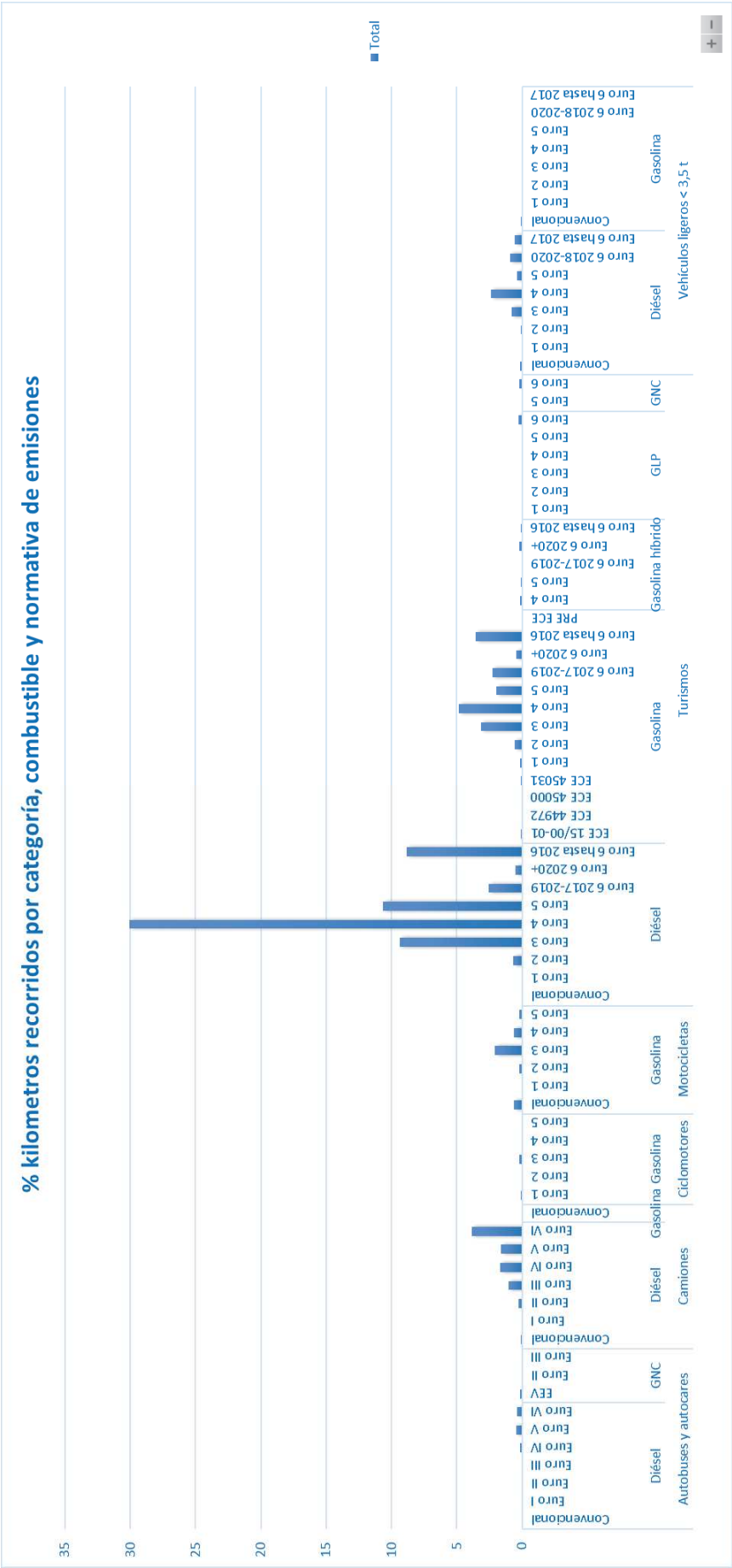


Figura 16. Porcentaje de kilómetros recorridos desagregados por tipo de vehículo, combustible y normativa de emisiones

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	37/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	38/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		

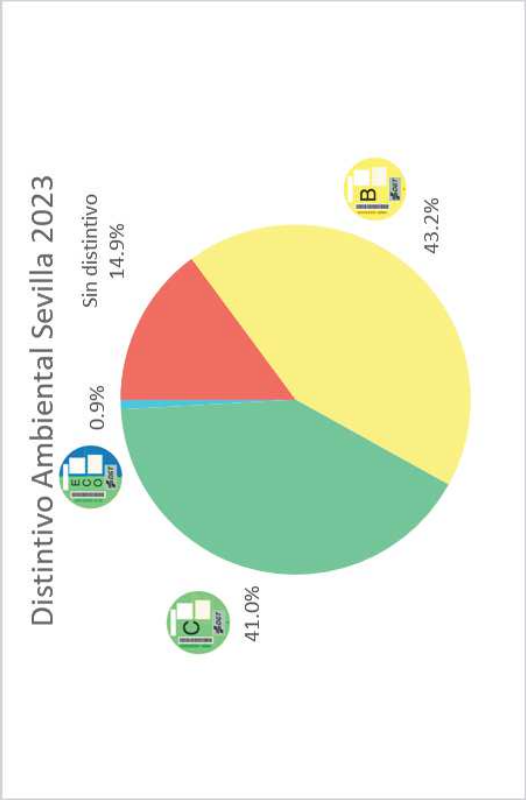
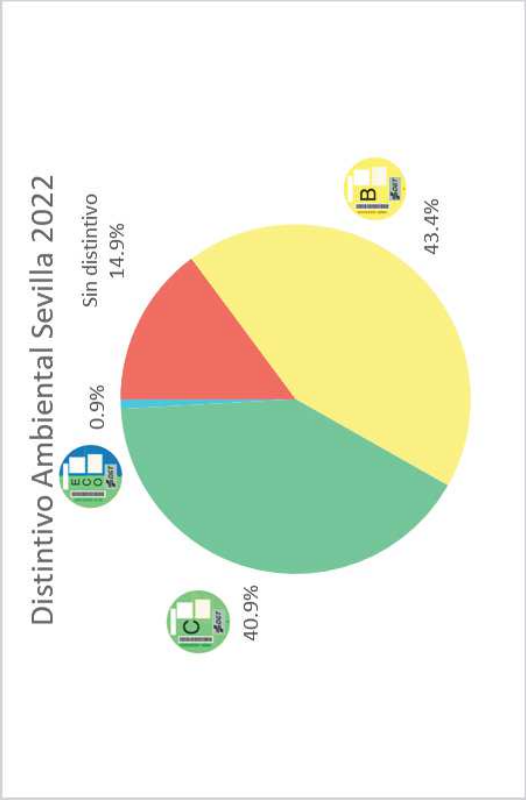


Figura 17. % Parque circulante según distintivo ambiental.

7.1.1.3 GENERACIÓN DE LA DEMANDA DE TRÁFICO

Podemos definir la demanda de tráfico como el total de viajes realizados desde un origen hasta un destino, siguiendo una ruta (carreteras que sigue el vehículo para alcanzar su destino) para un intervalo de tiempo concreto.

La demanda de tráfico se ha generado empleando los datos de 2022 y 2023 procedentes de los sensores del Ayuntamiento de Sevilla y de la red nacional.

Los datos proporcionados en formato minutal, se agregaron por día (imponiendo un 90 % de datos como mínimo para considerar el dato válido) y se hizo una clasificación por tipo de día (laboral, festivo, fin de semana) y por tipo de carretera. Durante este tratamiento se extrajeron los diferentes perfiles horarios, claves a la hora de representar la variación en los flujos de tráfico a lo largo del día de simulación.

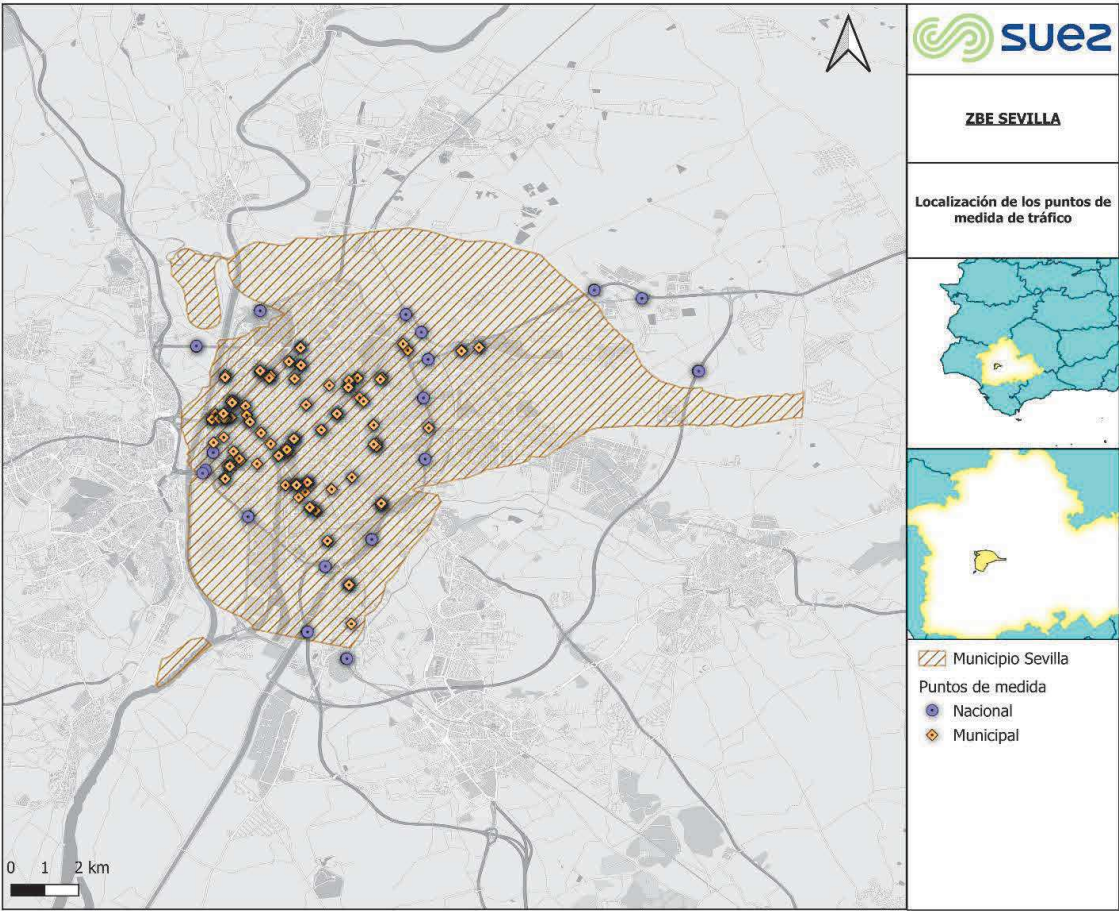


Figura 18. Puntos de medida de tráfico

El análisis de los datos muestra que la variación temporal a lo largo de un día en los flujos de tráfico alcanza su máximo entre las 14:00 y las 15:00, destacando dos máximos relativos a las 8:00 y a las 18:00. En cuanto al perfil semanal, los flujos de tráfico se mantienen estables de lunes a viernes, siendo este último el día con mayor afluencia de vehículos, mientras que caen entorno a un 6 % el fin de semana. Si analizamos el perfil mensual vemos una tendencia al alza

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	39/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



durante el primer trimestre del año, siendo marzo el mes en el que se registra el máximo flujo de vehículos. El segundo trimestre hay un descenso en el número de viajes respecto al primero, pero se mantiene estable hasta el mes de julio donde hay un descenso alcanzando el mínimo en agosto. Los meses de septiembre a noviembre se asemejan a los del segundo trimestre, con una nueva bajada en el mes de diciembre.

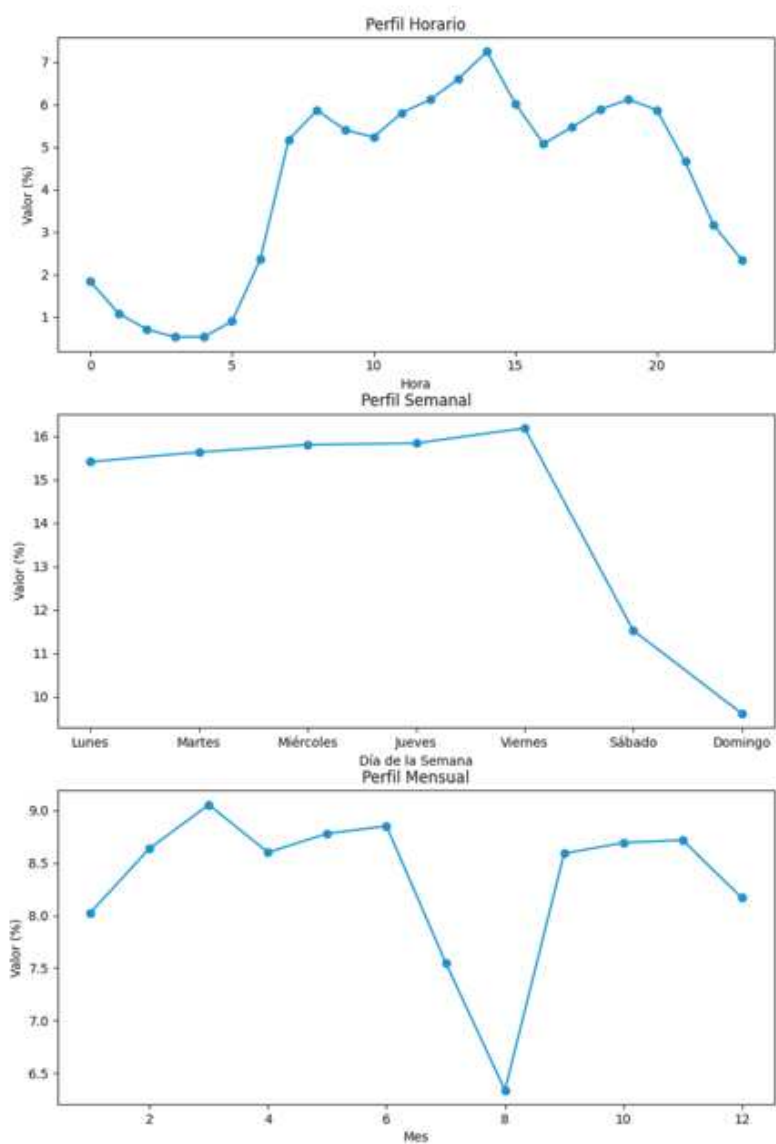


Figura 19. Perfiles de tráfico (%): horario, semanal y mensual

Con el fin de representar el escenario más desfavorable se descartaron los días festivos y fines de semana ya que los flujos de tráfico se reducen durante estos períodos.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	40/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



Para la creación de las rutas iniciales se empleó la herramienta randomTrips.py, que construye rutas válidas y plausibles dentro de la red de carreteras. La herramienta routeSampler.py selecciona (heurísticamente) los viajes del archivo de entrada generando una nueva demanda de forma que cumpla con los datos de recuento de vehículos de los sensores.

Para su funcionamiento, el algoritmo primero selecciona de manera aleatoria una ubicación de conteo que aún no ha alcanzado el número de vehículos objetivo y que, además, cuente con rutas viables (rutas que pasen por localizaciones de conteo donde no se haya alcanzado el límite objetivo).

El segundo paso es la asignación de manera aleatoria de una ruta viable. Este proceso se realiza de manera iterativa hasta que todas las ubicaciones de conteo hayan alcanzado el número de vehículos objetivo, o bien, no existan rutas viables. Cabe destacar, que es necesario que al menos una de las rutas del archivo de entrada pase por la localización de conteo.

Por último, se ejecuta la herramienta dualterate.py del paquete SUMO, que permite realizar la asignación de tráfico sobre la red alcanzando el equilibrio dinámico de usuario. El objetivo de esta herramienta es encontrar una ruta para cada vehículo de manera que ninguno de ellos pueda reducir su costo de viaje en términos de tiempo. Funciona de forma iterativa, llamando a la herramienta de enrutamiento DUAROUTER que hace la asignación de la demanda considerando el último costo de viaje (empezando con la red vacía, sin vehículos). Posteriormente se lanza la ejecución del modelo SUMO para determinar los tiempos de viaje en la simulación teniendo estos resultados en cuenta en la siguiente iteración.

7.1.1.4 RESULTADOS

Con la red de carreteras disponible y la demanda de tráfico ajustada con los datos de observación, se procedió a ejecutar el modelo SUMO para un período de 24 h buscando representar un día típico. Durante esta ejecución se incluyen en el modelo unos elementos denominados calibradores, que de nuevo permiten hacer un ajuste sobre las intensidades de tráfico, esta vez interaccionando “online” con los vehículos insertados en la simulación. La simulación se ejecutó para 2 escenarios: 2022 y 2023.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora	
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23	
Observaciones		Página	41/61	
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==			

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	42/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		

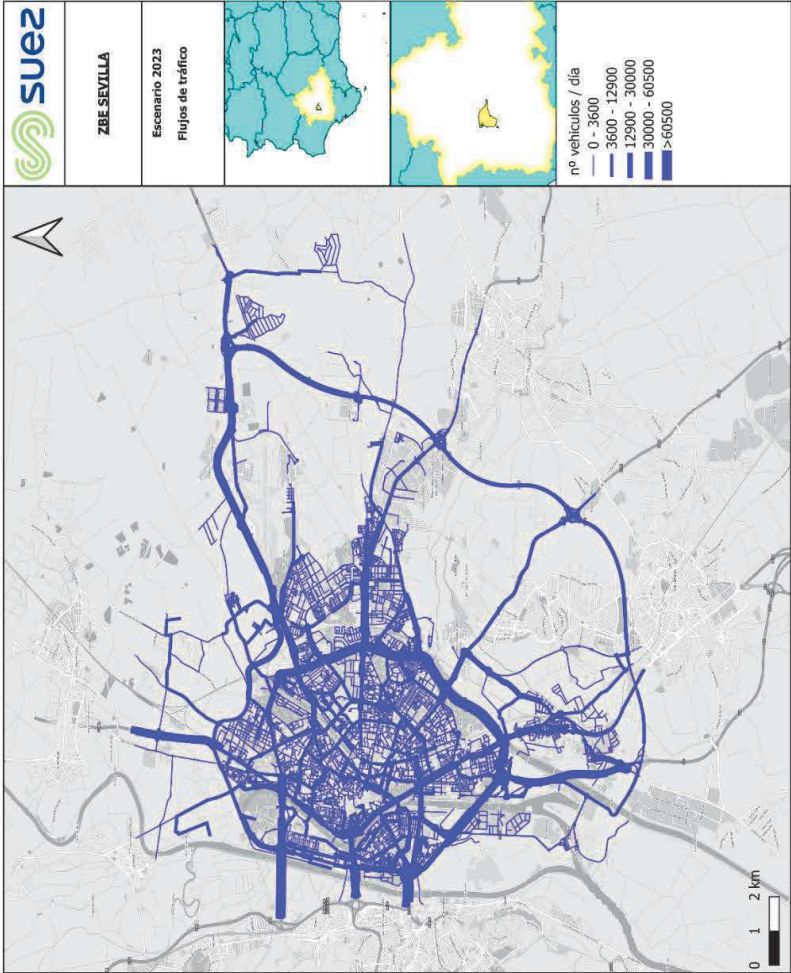
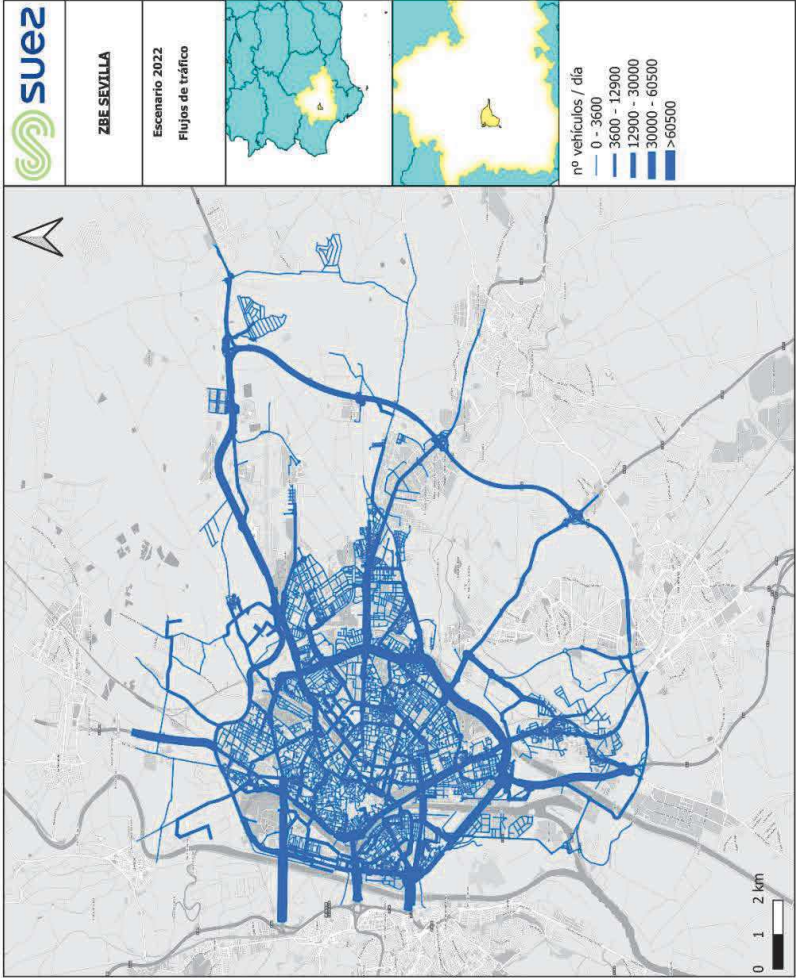


Figura 20. Flujos de tráfico (nº vehículos / día). Escenario 2022 (izquierda), escenario 2023 (derecha)

7.1.1.5 VALIDACIÓN

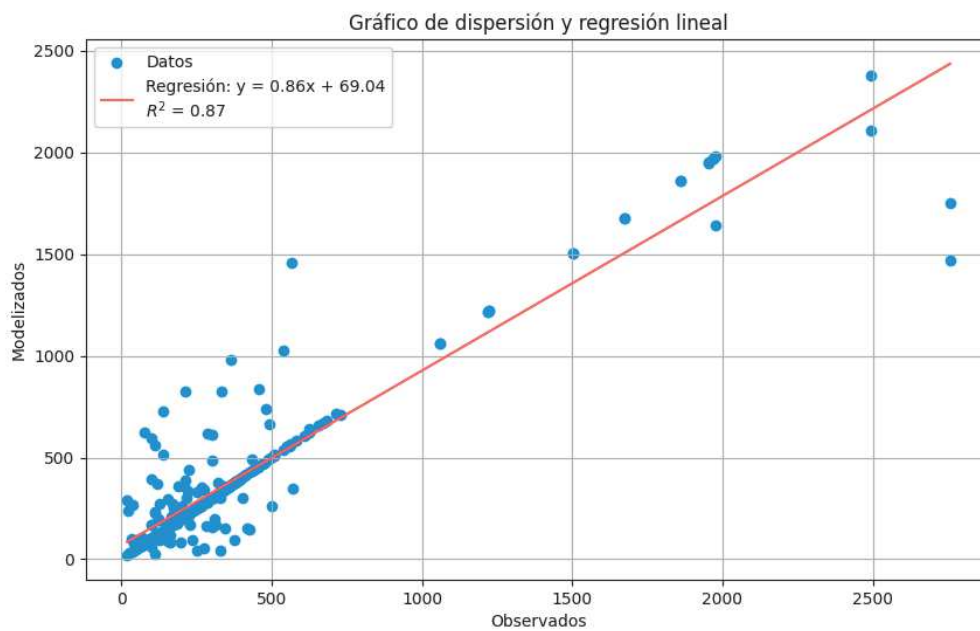


Figura 21. Dispersión de valores observados frente a modelizados y regresión lineal. Escenario 2022.

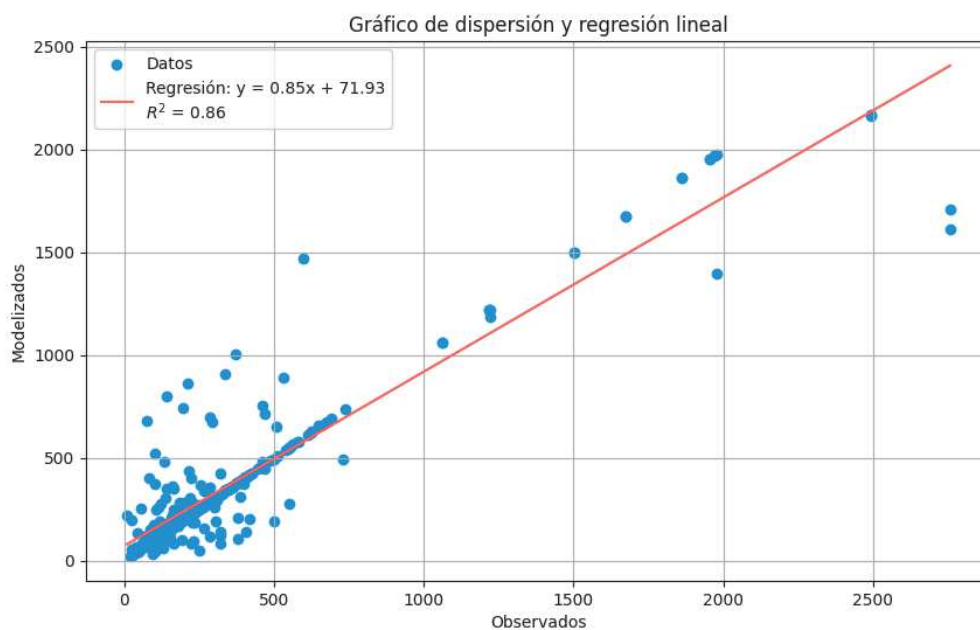


Figura 22. Dispersión de valores observados frente a modelizados y regresión lineal. Escenario 2023.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	43/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



7.2 OTRAS FUENTES

Se ha confeccionado un inventario de las **EMISIONES DIRECTAS** que tienen lugar en el municipio de Sevilla. Para ello se empleó un **enfoque híbrido bottom-up** (para las emisiones del tráfico rodado y portuario) **y top-down** para aquellos otros sectores que podrían tener influencia en la calidad del aire de la ciudad (RESIDENCIAL-COMERCIAL-INSTITUCIONAL; INDUSTRIA; AGRICULTURA; OTRAS ACTIVIDADES PORTUARIAS...). La contribución de los distintos tipos de fuentes a los niveles de inmisión que se respira en la ciudad es determinado posteriormente mediante un modelo de dispersión de la contaminación, el cual se detalla más adelante.

La siguiente figura muestra la localización de las diferentes fuentes de emisión:

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	44/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



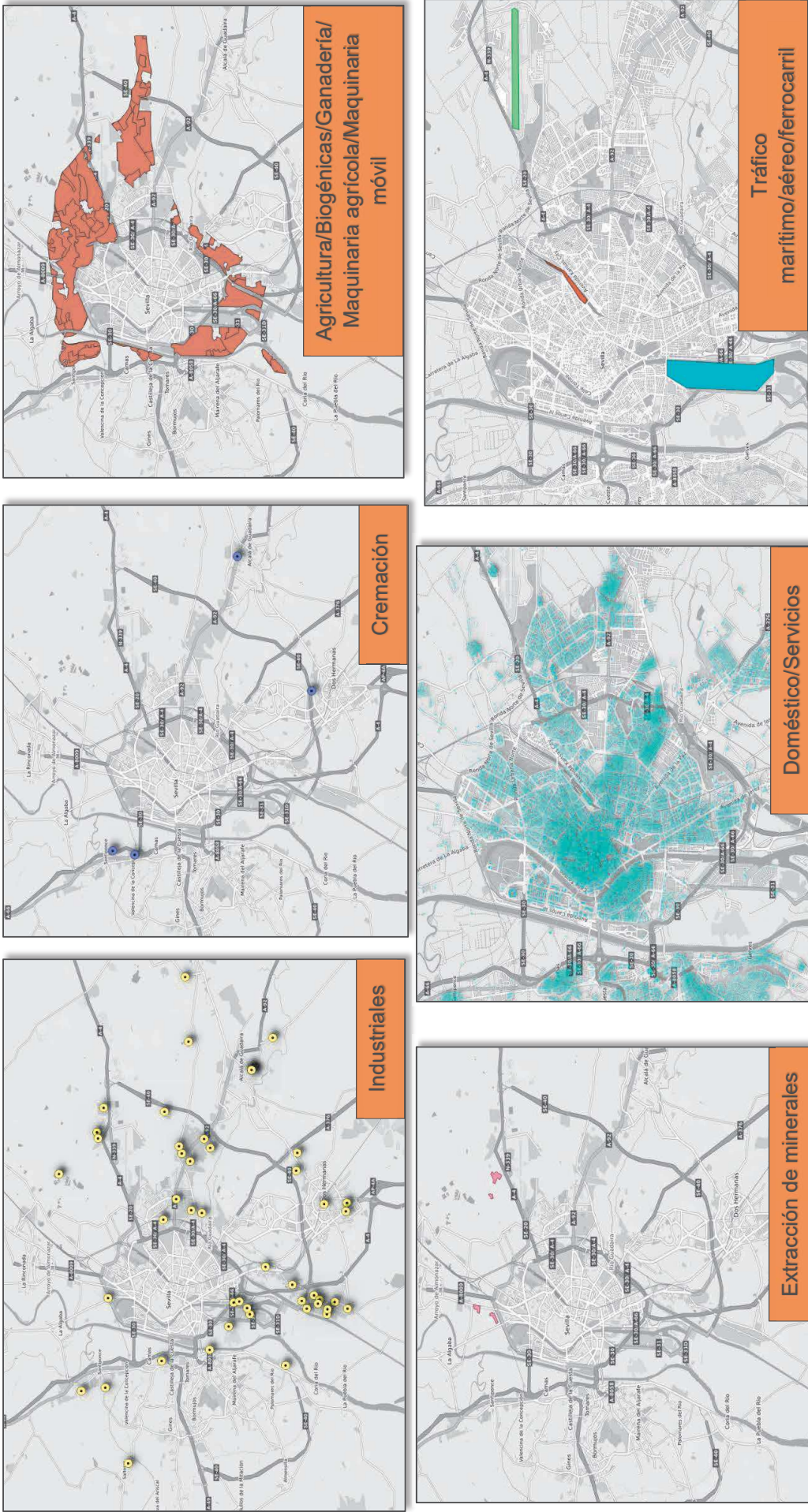


Figura 23. Localización de fuentes emisoras de los distintos sec tores de actividad considerados.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	45/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



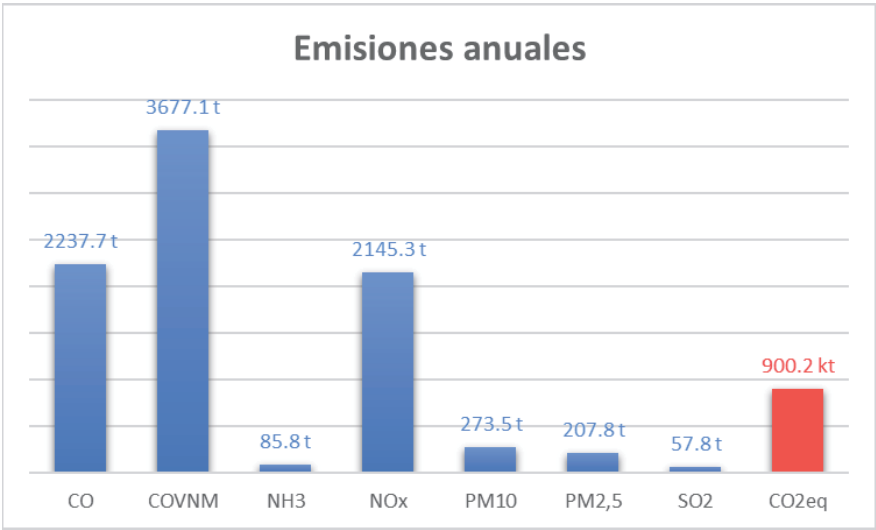


Figura 24. Emisiones anuales por contaminante en el municipio de Sevilla.

El análisis del inventario de emisiones muestra como compuesto más emitido a los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVNM) seguido del monóxido de carbono (CO) y de los óxidos de nitrógeno (NO₂). Con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero, las kilotoneladas de CO₂ equivalente emitidas de modo DIRECTO son de 900,2 kt/año.

7.2.1 PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DE LA EMISIÓN POR ESPECIE Y SECTOR

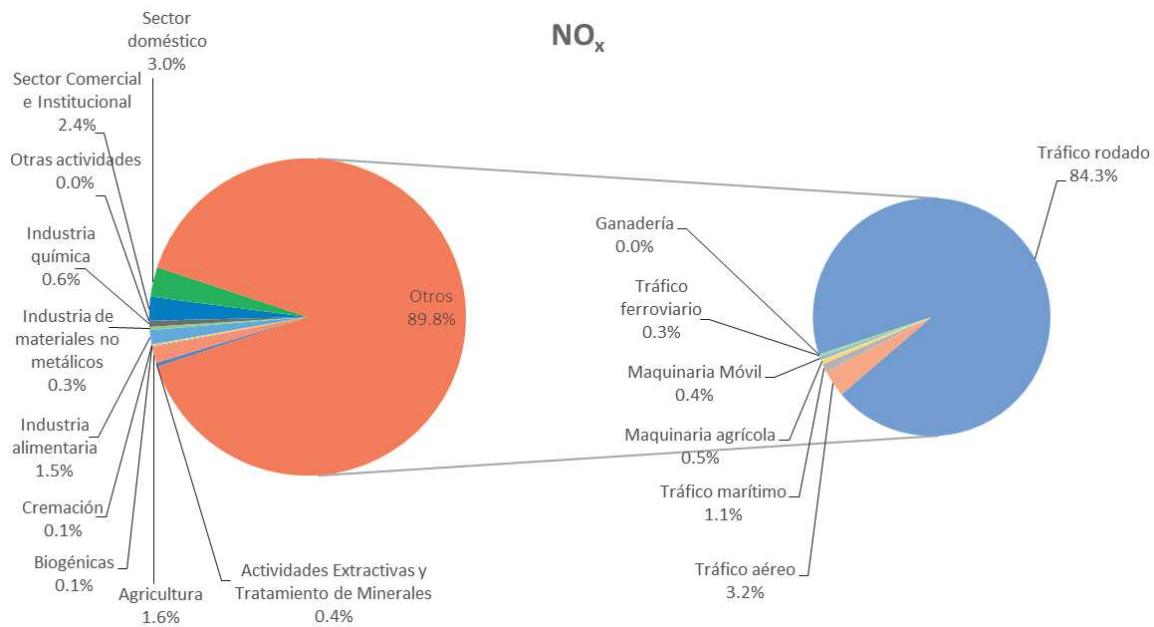


Figura 25. Contribución de los distintos sectores de actividad al total de emisiones de NO_x (Óxidos de nitrógeno).

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	46/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



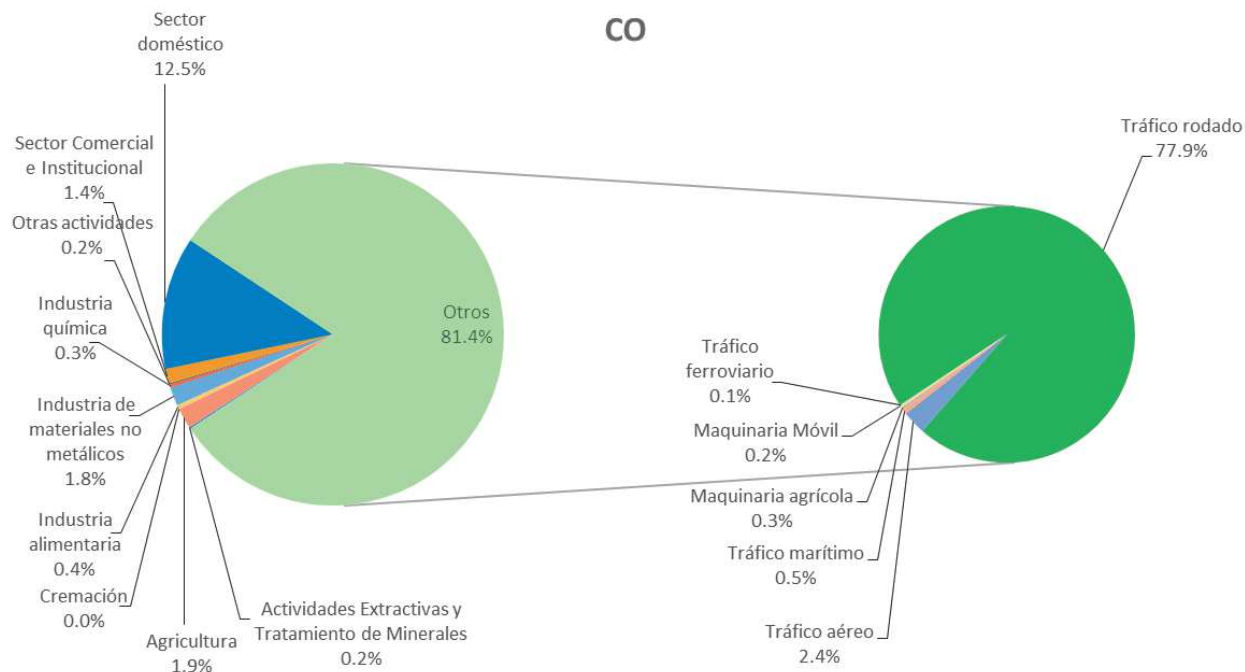


Figura 26. Contribución de los distintos sectores de actividad al total de emisiones de CO (Monóxido de carbono).

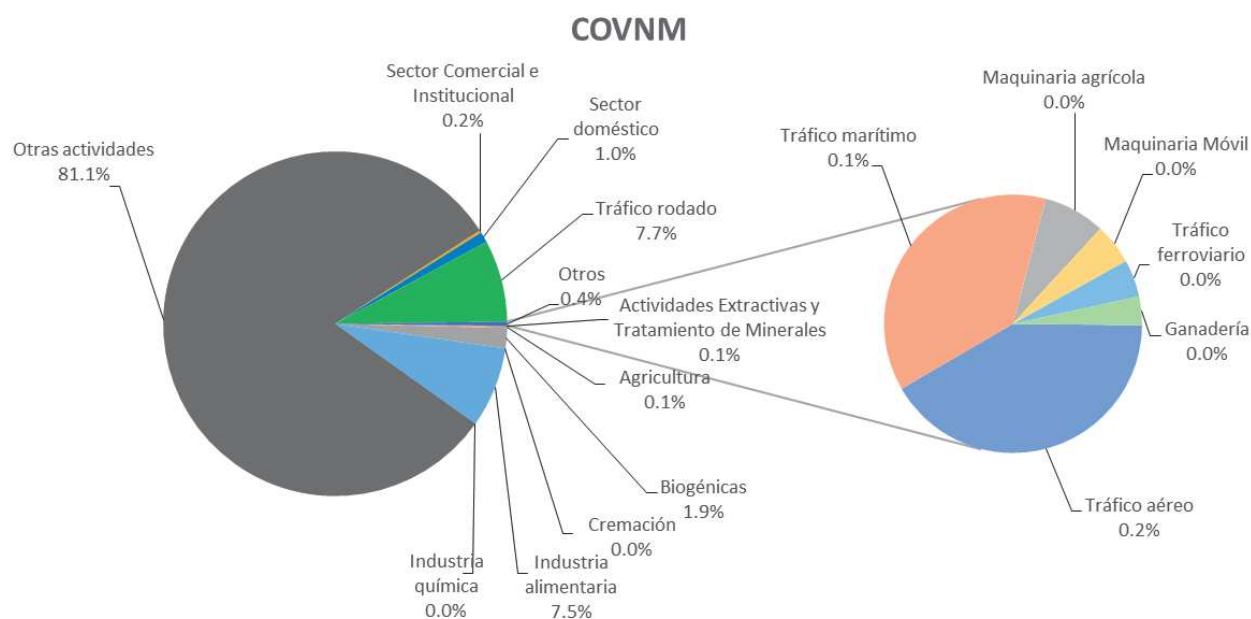


Figura 27. Contribución de los distintos sectores de actividad al total de emisiones de COVNM (Compuestos orgánicos volátiles, excluido el metano).

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	47/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



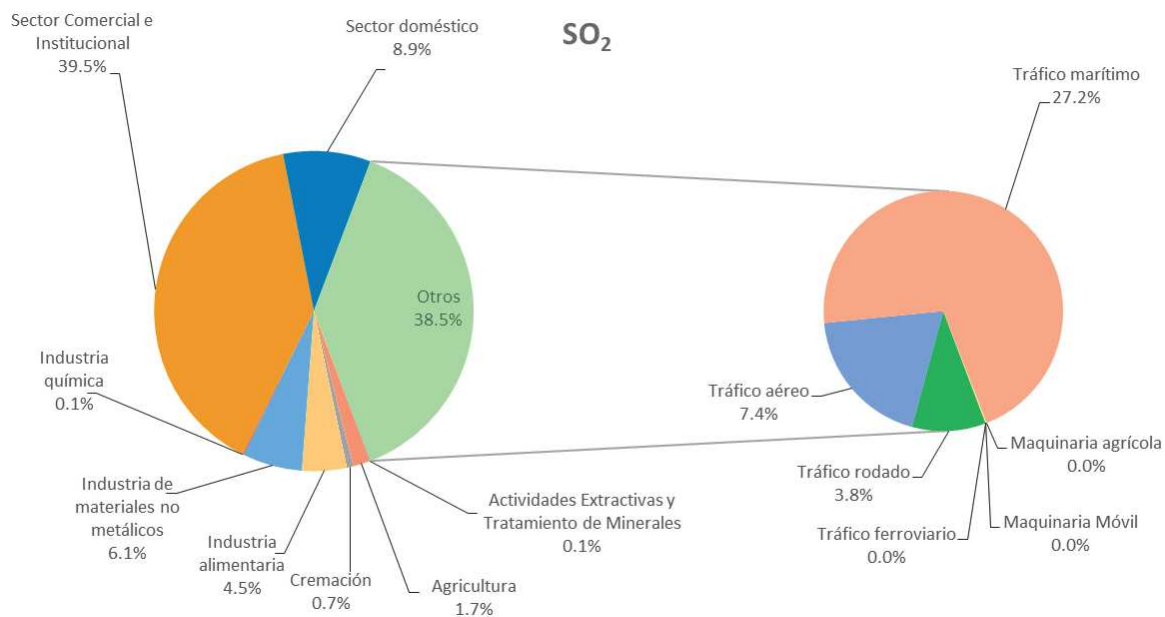


Figura 28. Contribución de los distintos sectores de actividad al total de emisiones de SO₂ (Dióxido de azufre).

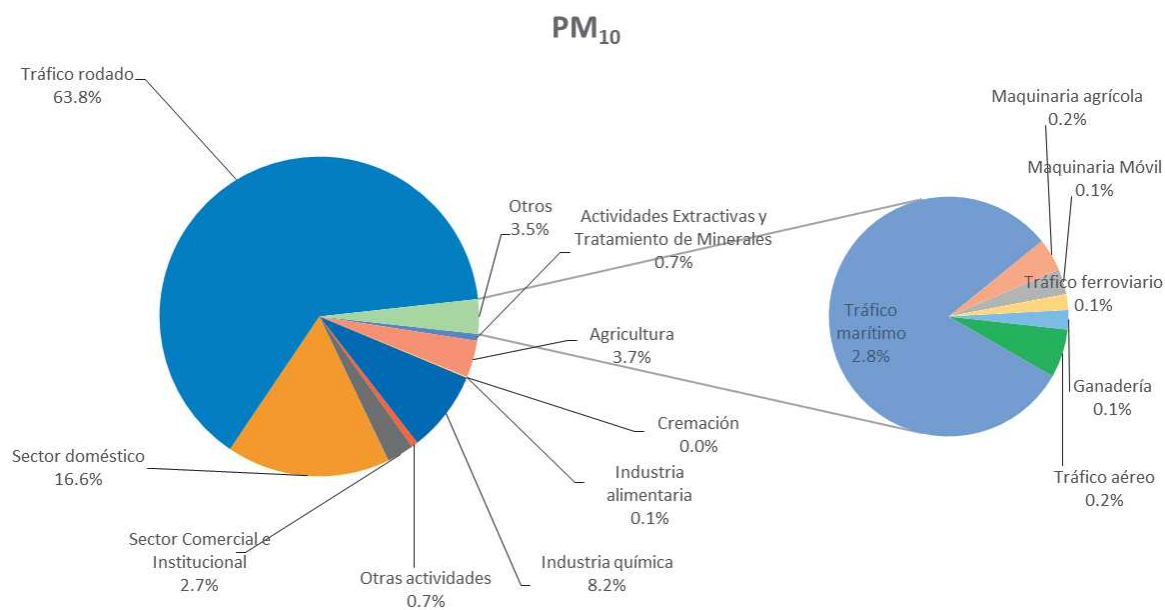


Figura 29. Contribución de los distintos sectores de actividad al total de emisiones de PM₁₀ (Material particulado, diámetro aerodinámico < 10 µm).

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	48/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



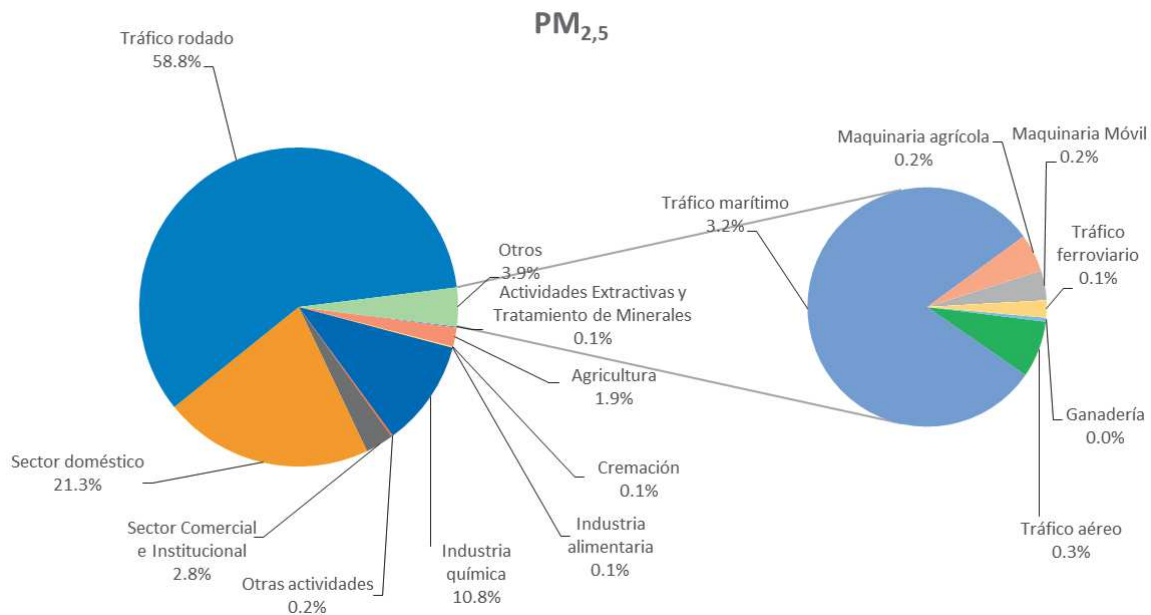


Figura 30. Contribución de los distintos sectores de actividad al total de emisiones de PM₁₀ (Material particulado, diámetro aerodinámico < 2,5 µm).

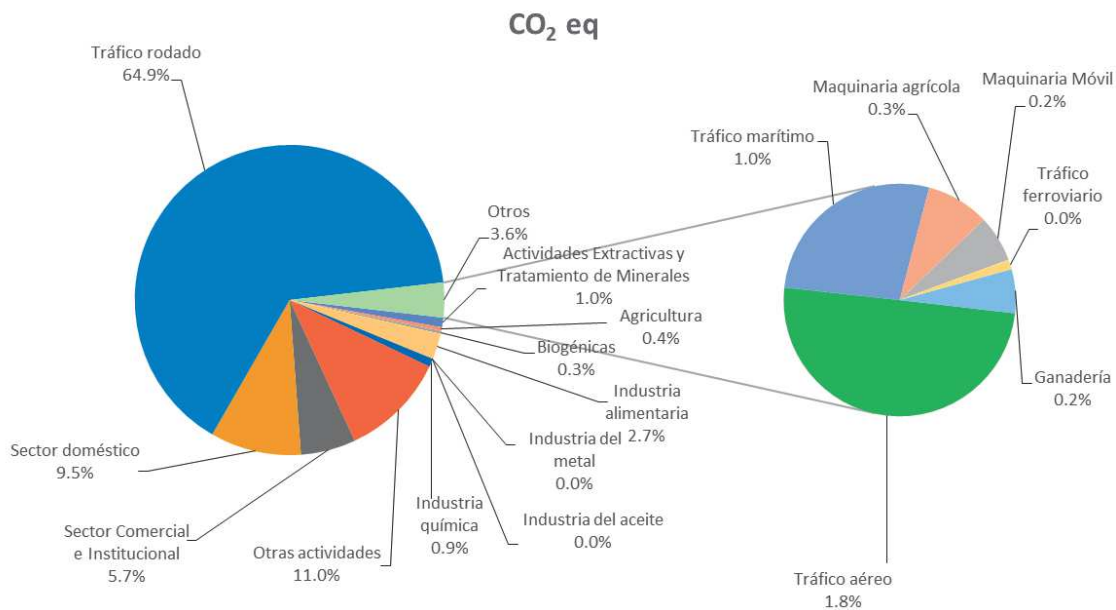


Figura 31. Contribución de los distintos sectores de actividad al total de emisiones de CO₂ equivalente.

En general, las figuras representadas ponen de manifiesto la importancia del tráfico respecto a las emisiones totales. Como también destacan las emisiones del sector doméstico y comercial e institucional.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	49/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



8 MODELIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

Con todo lo anterior, y a través de un modelo numérico, se ha realizado la dispersión de la contaminación en aras de evaluar la calidad del aire en todo el territorio (mapas de dispersión), con un horizonte temporal de 1 año civil y salidas horarias, con el objetivo de identificar las zonas del municipio con sus niveles de contaminación actuales, el grado de cumplimiento de los objetivos de calidad del aire y de los valores límite del Real Decreto 102/2011 y sus posteriores modificaciones, identificando los causantes de los episodios que se generan en la ciudad (contribución de las fuentes), para la puesta en marcha de las medidas de mitigación correspondientes, en caso necesario, en especial las de tráfico. La metodología utilizada en este estudio ha sido contrastada en múltiples experiencias, como el proyecto TRAFAIR (“Understanding Traffic Flows to Improve Air Quality”), cofinanciado por la UE, para la definición de un conjunto estándar de metadatos (adoptados a nivel europeo y definidos en base a los modelos empleados por FAIRMODE) capaces de representar mapas de calidad del aire urbano, y el desarrollo de un servicio para la predicción de la calidad del aire urbano basado en el pronóstico del tiempo y los flujos de tráfico. El servicio se ejecutó con éxito en Zaragoza (600.000 habitantes), Florencia (382.000), Módena (185.000), Livorno (160.000), Santiago de Compostela (95.000) y Pisa (9.000). Del mismo modo, el grupo SUEZ ha participado en el establecimiento de Zonas de Bajas Emisiones, utilizando su conjunto de modelos numéricos, en ciudades como A Coruña, Valencia, París o Milán.

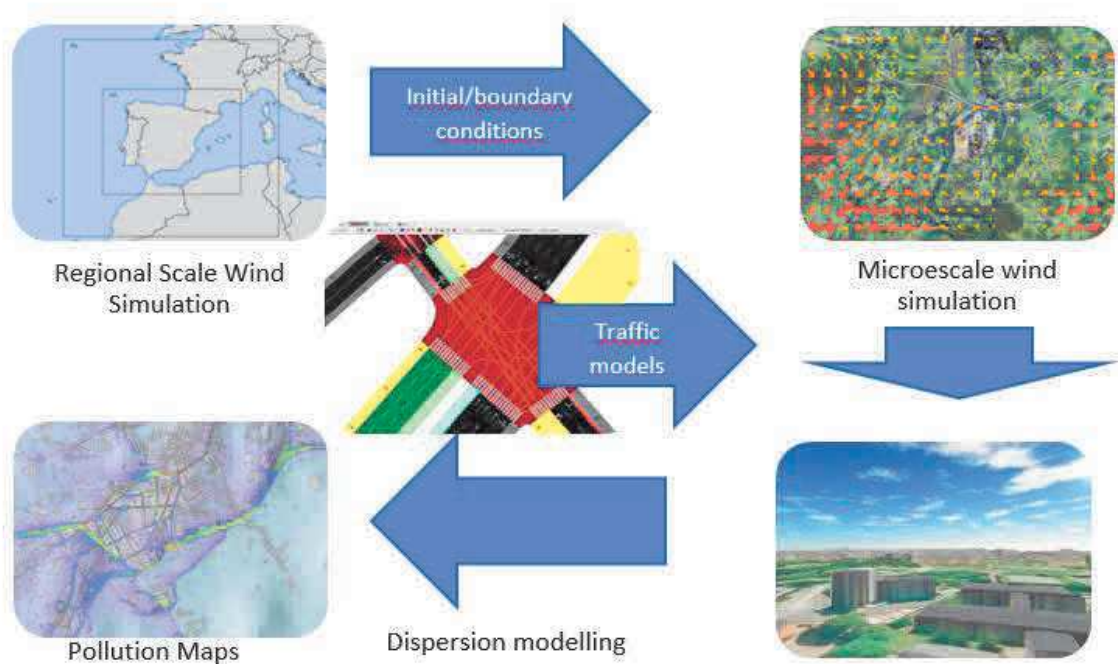


Figura 32. Metodología del sistema de modelización.

En este sentido, el modelo de dispersión utilizado es el adecuado para simular todas las situaciones posibles en un año civil en un entorno urbano, reproduciendo los campos de concentración 3D de contaminantes (para NO₂, PM₁₀ y PM_{2,5}) y a muy alta resolución espacial

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	50/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



horizontal (10 m), bajo complejas configuraciones topográficas y de construcción. Se trata de un modelo lagrangiano de Street Canyon.

Posteriormente, se ha realizado la **corrección, a través de técnicas estadísticas, de los resultados del modelo con los datos horarios de las estaciones de referencia, a través de ajuste del BIAS (sesgo)**, para finalmente realizar **la validación del modelo frente a las medidas fijas de las estaciones oficiales**, con el objetivo de cumplir con los parámetros de incertidumbre o error de la modelización en calidad del aire conforme a los requisitos de la Directiva 2008/50/CE y el Real Decreto 102/2011.

8.1 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE DISPERSIÓN

8.1.1 EL MODELO GRAL

El modelo utilizado ha sido el GRAL (<https://gral.tugraz.at/>). Se trata de un modelo Lagrangiano (Microphysics Graz Lagrangian Model), desarrollado en la Universidad de Tecnología de Graz, Austria, y respaldado por el Gobierno del Estado Federal de Estiria, Austria. Ha sido diseñado para reproducir campos de concentración 3D de contaminantes (pasivos) a muy alta resolución (hasta 2-3 m), bajo complejas configuraciones topográficas y de construcción. Los ejemplos de aplicación de dicho modelo incluyen evaluaciones de impacto ambiental de redes de carreteras, complejos industriales o portales de túneles de calles, y la simulación de los niveles de contaminación del aire en ciudades enteras. Posee a su vez un sistema CFD que simula el flujo de vientos alrededor de obstáculos resolviendo las ecuaciones de Navier-Stokes promediadas en Reynolds (RANS).

En cuanto a las capacidades del modelo, es capaz de simular las siguientes situaciones:

- Dispersión de contaminantes químicamente no reactivos.
- Deposición y sedimentación seca y húmeda.
- Dispersión en túneles de carretera.
- Dispersión en todo el rango de velocidades de viento sin ningún umbral inferior, y para todas las condiciones de estabilidad.
- Dispersión en áreas urbanizadas, incluyendo downwashing en los elementos constructivos.
- Dispersión de las emisiones canalizadas, teniendo en cuenta la temperatura y la velocidad de salida.
- Dispersión en terrenos complejos, lo que permite los efectos de los edificios.
- Tasas de descomposición
- Flujo y dispersión dentro de las capas de vegetación.

El efecto de los edificios y la vegetación en la dispersión se tienen en cuenta utilizando un modelo de campo de flujo a microescala, y que está completamente integrado en el código del modelo. En el caso de terreno complejo, el modelo se combina con modelos de campo de viento de pronóstico de mesoescala, ejecutados a alta resolución.

8.1.2 GRAL SETTINGS

El dominio de simulación sobre Sevilla tiene una resolución espacial (horizontal) de 15 m × 15 m con 1430X1246 celdas, una resolución temporal de 1h y los siguientes niveles verticales de concentración: 3, 6, 10, 14, 18, 24, 28 y 31 m.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	51/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



La siguiente figura muestra los límites del dominio y la ubicación de las estaciones de calidad del aire que se han aplicado en este estudio.

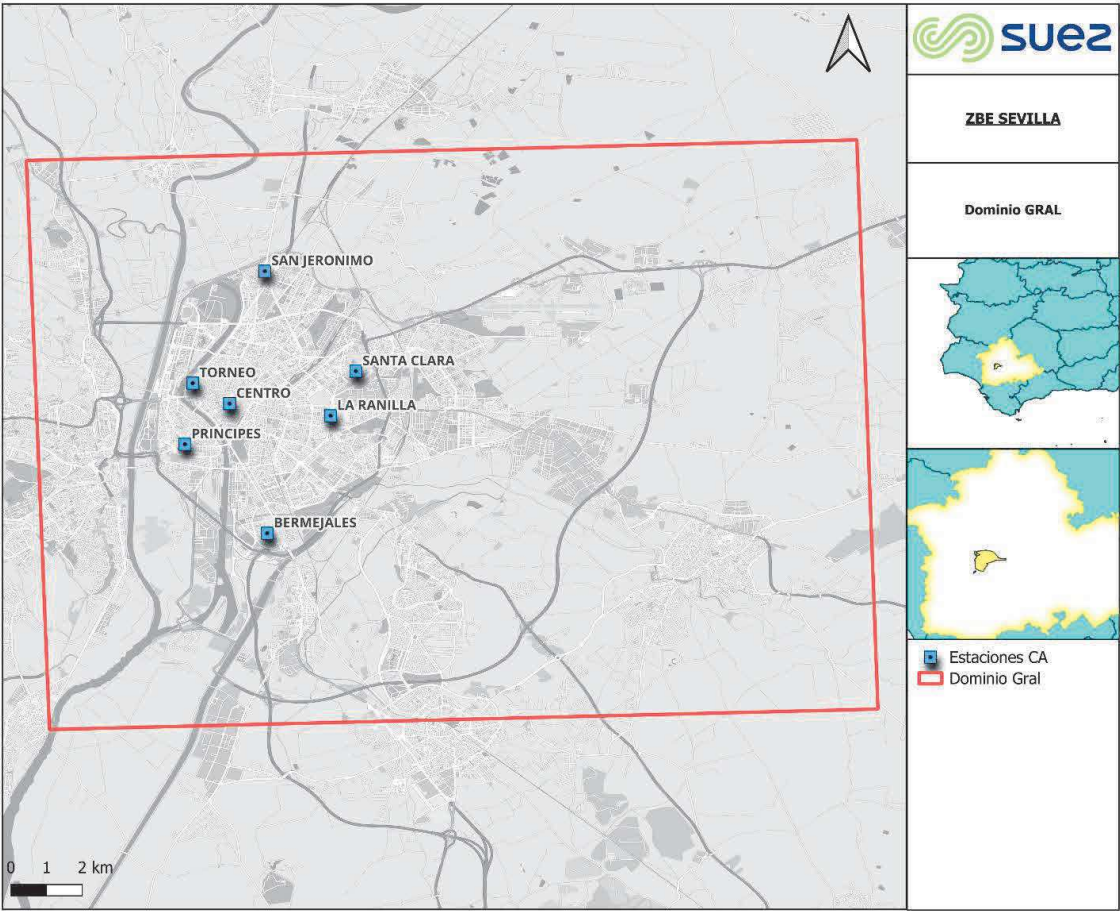


Figura 33. Dominio de simulación de GRAL

- Versión de GRAL: 22.03
- Paso de tiempo de simulación: 3600 s
- Dispersión GRAL en modo transitorio.
- Contaminantes simulados: NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}
- Periodo simulado: del 1 de enero 00GMT al 31 de diciembre 23GMT 2022
- Edificios: Shapefile de los edificios, incluyendo la altura de los tejados, confeccionado a partir de datos del catastro (<https://www.sedecatastro.gob.es/>).
- Capa de usos de suelo: CORINE LAND COVER.
- Modelo digital de terreno: MDT05. modelo digital del terreno 1ª Cobertura con paso de malla de 5 m (<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=MDT02>)
- Partículas liberadas por segundo: 100/grupo de fuentes; 3 grupos de fuentes GRAL definidos, incluyendo el conjunto de emisiones de tráfico, el de emisiones de doméstico-residenciales e industriales, y las emisiones portuarias.
- No se incluye ningún proceso de deposición húmeda.
- Datos meteorológicos de entrada

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	52/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



- Los datos meteorológicos necesarios para la realización de la simulación CALPUFF se obtuvieron a partir de simulaciones anuales con el modelo meteorológico de mesoescala WRF (Weather Research and Forecasting). El WRF (<http://www.wrf-model.org>) es un modelo meteorológico de última generación que permite obtener campos de viento, presión, temperatura y humedad, entre otros, con alta resolución espacio-temporal, los cuales son de suma importancia como datos de entrada de los modelos de calidad de aire. El modelo WRF tiene la particularidad de poder ser configurado localmente para representar dominios espaciales en diferentes escalas de acuerdo al estudio que desee realizarse.

En lo referente a este estudio, se ejecutó la pasada de WRF para todo el año de datos (2022), inicializado a partir de los datos de re-análisis del modelo global GFS del National

Centers for Environmental Prediction (NCEP). Partiendo de condiciones a escala sinóptica del GFS, se siguió un patrón de dominios anidados hasta obtener un dominio de modelado a alta resolución (3 km^2), obteniendo datos horarios de más de 20 parámetros meteorológicos y a 32 niveles diferentes de altura. Este dominio de 3 km^2 es el que se utilizará para generar los campos meteorológicos del modelo de diagnóstico meteorológico GRAMM.

A continuación, se expone el mapa con los tres dominios anidados (D1, D2, y los D3 de 27, 9 y 3 km^2 de resolución, respectivamente, utilizado para este dominio:

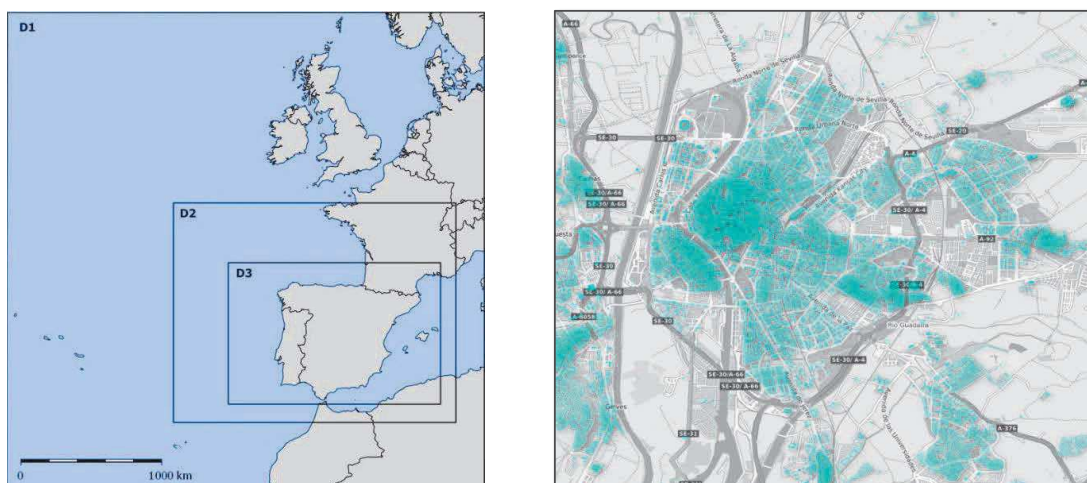


Figura 34. Dominios utilizados para el modelo meteorológico WRF (izq.) y levantamiento 3D de edificios a partir de datos de catastro (dcha.)

El WRF está diseñado para utilizarse tanto en funciones de predicción como de reanálisis. Presenta una arquitectura modular, pudiendo ser aplicadas diferentes parametrizaciones de tipo dinámico o físico, entre otros. Ofrece también diversos sistemas de asimilación de datos reales, así como un paradigma de desarrollo software que permite su ejecución tanto en ordenadores personales como en grandes estaciones de computación paralela. WRF es adecuado para un amplio espectro de aplicaciones a distintas escalas, pudiendo trabajar a resoluciones de cientos de metros hasta miles de kilómetros.

- Se aplicaron los datos de simulación de WRF para velocidad y dirección de viento horario, temperatura (2 niveles inferiores) y radiación solar superficial de onda corta para

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	53/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



producir la entrada meteorológica GRAMM, es decir, velocidad y dirección del viento, y clase de estabilidad Pasquill siguiendo el método SRDT de la US EPA.

- SUEZ ha desarrollado un paquete de postprocesado meteorológico, llamado WRF4GRAL, para realizar este proceso automáticamente.

- Por su parte, el **modelo GRAMM** ha sido desarrollado en la Universidad de Tecnología de Graz, como modelo de diagnóstico meteorológico de GRAL. A través de WRF, y utilizando una resolución más fina de topografía, **GRAMM proporciona una mayor resolución de la meteorología de la zona, a través del cálculo de campos de flujos en terrenos complejos.**

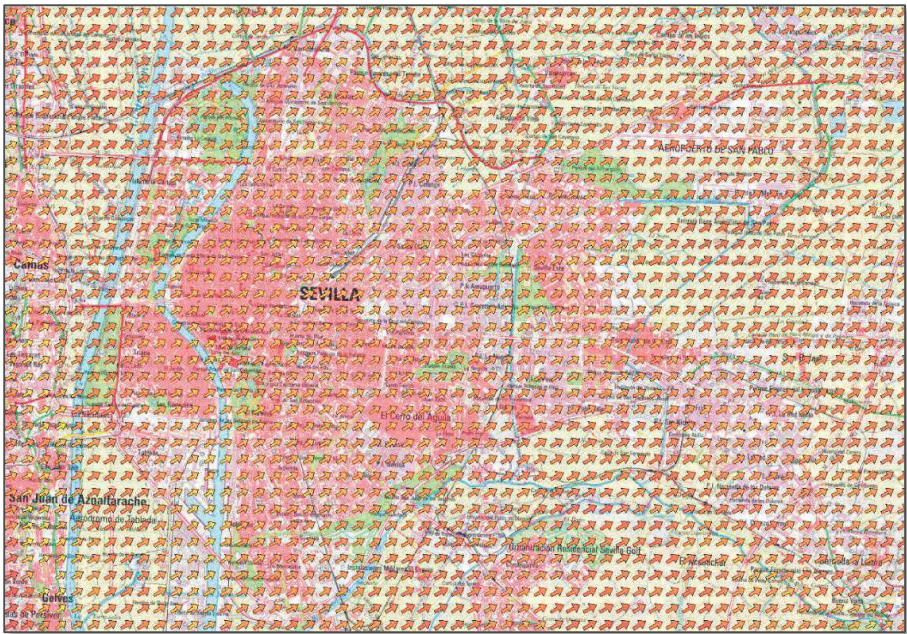
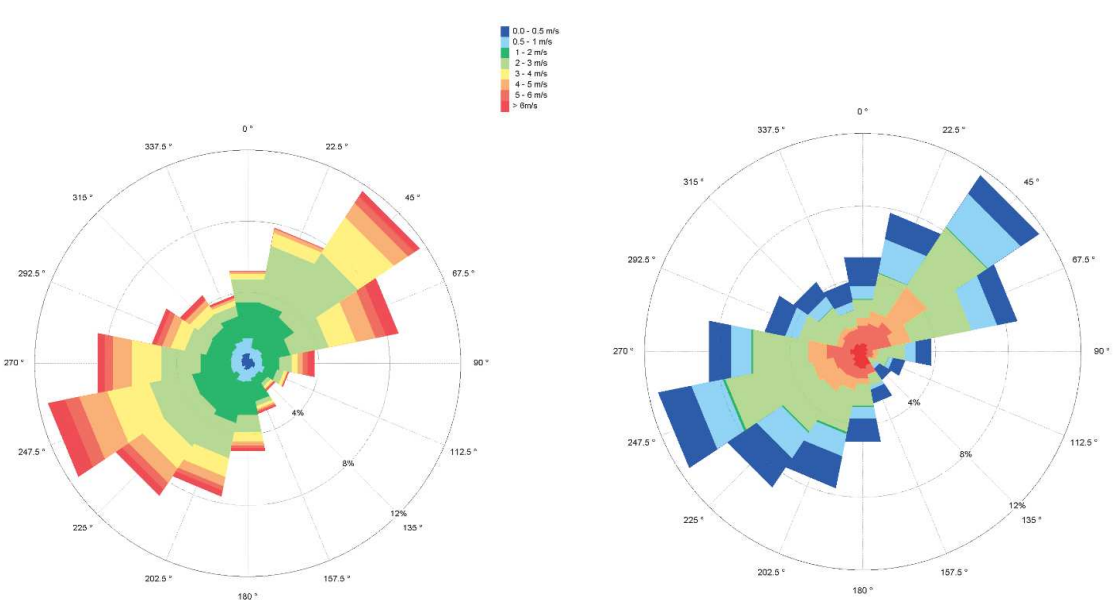


Figura 35. Campo de vientos a 10 m de altura generado por GRAMM.



Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	54/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



Figura 36. Rosa de vientos (izquierda) y estabilidades (derecha) anual de Sevilla a partir de la simulación WRF-GRAMM.

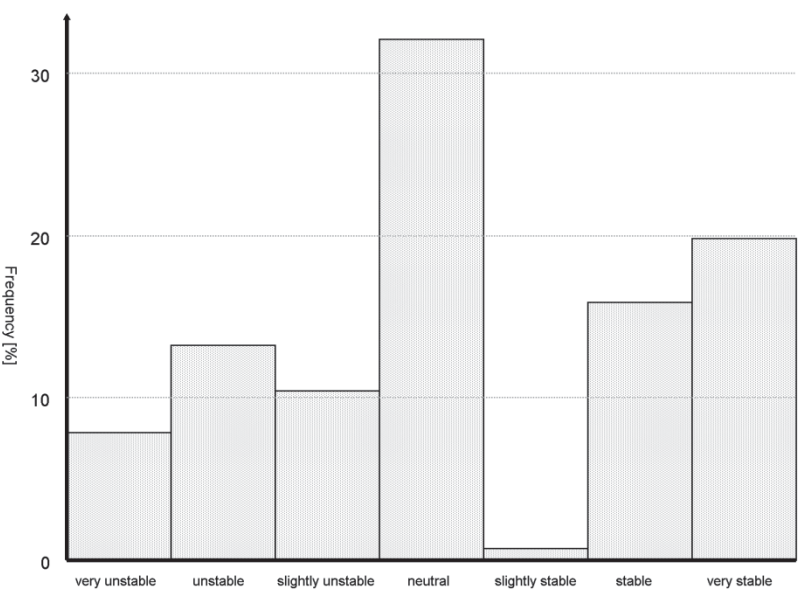


Figura 37. Frecuencias anuales de cada clase de estabilidad generadas a partir de la simulación de WRF-GRAMM.

- Estimación de emisiones
Ver apartado 7 INVENTARIO DE EMISIONES

8.2 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN DEL MODELO

Se ha realizado el **cálculo de la incertidumbre o error de la modelización** conforme a los requisitos de la Directiva 2008/50/CE.

La incertidumbre o error de la modelización se define, para cada modelo y zona de evaluación de la calidad del aire, como la **desviación máxima entre los niveles de concentración medidos y calculados para el 90 % de los puntos de control individuales, durante el período considerado, para el valor límite sin exigir coincidencia en el tiempo. Las mediciones fijas que se seleccionen para comparar con los resultados del modelo serán representativas de la escala considerada por el modelo.**

La interpretación matemática de esta definición de incertidumbre se hace en base al llamado **ERD, o error relativo según Directiva**, que se define como:

$$ERD = \frac{|OVL - MVL|}{VL}$$

siendo OVL el valor de concentración observada más próximo al valor límite (VL) o valor objetivo correspondiente y MVL su valor dado por el modelo dentro de la secuencia ordenada de menor a mayor de valores modelados correspondientes.

Para evaluar el cumplimiento de la incertidumbre y en aras de realizar un análisis gráfico del grado de ajuste del modelo a los datos observados o medidos en las estaciones de calidad del

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	55/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



aire, se utilizó el conjunto de **indicadores estadísticos recomendados por los grupos de trabajo de FAIRMODE**. El Foro para la modelización de la calidad del aire (FAIRMODE) se puso en marcha en 2007 como una iniciativa de respuesta conjunta de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) y el Centro Común de Investigación (JRC) de la Comisión Europea. Actualmente, el foro está presidido por el JRC. Su objetivo es reunir a los modeladores y usuarios de la calidad del aire para promover y apoyar el uso armonizado de modelos por parte de los Estados miembros de la UE, con énfasis en la aplicación de modelos bajo las Directivas europeas de calidad del aire.

Este conjunto es la base para la definición del INDICADOR DE CALIDAD DEL MODELO (MQI) y los INDICADORES DEL RENDIMIENTO DE LA MODELIZACIÓN (MPI), que tiene también en cuenta la incertidumbre de la medida de los analizadores. Esta tarea se realiza a través de la herramienta DELTA TOOL, diseñada por FAIRMODE.

El **MQI** (indicador de calidad del modelo) describe la discrepancia entre los resultados de las medidas y del modelo (estando vinculado al RMSE), normalizado por la incertidumbre de medición y un factor de escala. Inicialmente, los objetivos de calidad de la modelación (**MQO**) de la Directiva 2008/50/CE requieren que el **MQI sea menor o igual que 1**. Los MQO son los objetivos fijados en la Directiva 2008/50/CE en su anexo I. Con una selección del factor de escala de 2, el cumplimiento del MQO significa que la desviación permitida entre las concentraciones modeladas y medidas es el doble de la incertidumbre de medición. La incertidumbre de modelado asociada se formula, mostrando que en caso de cumplimiento de MQO, la incertidumbre de modelado no debe exceder 1.75 veces la de medición (con el factor de escala fijado a 2).

Los **MPI** se refieren a aspectos como la correlación, el sesgo y desviación estándar, y también relaciones con la variación espacial.

Tabla 17. Indicadores estadísticos utilizados en la validación del modelo.

Indicator	Formula	
Root Mean Square Error (RMSE)	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - M_i)^2}$ with $\bar{O} = \frac{\sum_{i=1}^N O_i}{N}$ the average observed value and $\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^N M_i}{N}$ the average modelled value.	(1)
Correlation coefficient (R)	$R = \frac{\sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}}$	(2)
Normalised Mean Bias (NMB)	$NMB = \frac{BIAS}{\bar{O}}$ where $BIAS = \bar{M} - \bar{O}$	(3)
Normalised Mean Standard Deviation (NMSD)	$NMSD = \frac{(\sigma_M - \sigma_O)}{\sigma_O}$ with $\sigma_O = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}$ the standard deviation of the observed values and $\sigma_M = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2}$ the standard deviation of the modelled values.	(4)

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	56/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



Hay definidos ciertos criterios de rendimiento de modelado (**MPC**) para el MPI; Éstos son necesarios, pero no son suficientes para determinar si el **MQO** se cumple. Se requiere que el MQO se cumpla en el 90% de las estaciones (tal y como ordena la Directiva y RD 102/2011 para cumplimiento de la incertidumbre de la modelización), un criterio que se tiene en cuenta implícitamente en la derivación del MQI. La incertidumbre de modelado asociada se formula, mostrando que en caso de cumplimiento de MQO, la incertidumbre de modelado no debe superar 1.75 veces la medición uno (con el factor de escala fijado a 2).

Por otro lado, los factores utilizados por FAIMODE para el cálculo de la incertidumbre de la medida se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 18. Factores utilizados por FAIRMODE para el cálculo de la incertidumbre.

	$U_{95,r}^{RV}$	RV	α	N_p	N_{np}
NO ₂	0.24	200 µg/m3	0.20	5.2	5.5
O ₃	0.18	120 µg/m3	0.79	11	3
PM ₁₀	0.28	50 µg/m3	0.13	30	0.25
PM _{2.5}	0.36	25 µg/m3	0.30	30	0.25

Finalmente, la metodología de validación es la siguiente:

- 1.- Se extraen para las coordenadas de las estaciones de calidad del aire los datos horarios de los 3 contaminantes (dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas PM₁₀ y partículas PM_{2.5}) así como los datos observados en dichas estaciones para todo el año 2022.
- 2.- Se aplican **técnicas de corrección o ajuste por BIAS** y se ensaya un downscaling espacial estadístico a partir de los valores observados en las estaciones. De este modo, los valores del modelo son corregidos a partir de los observados, ajustando así el modelo a los datos reales de las estaciones.
- 3.- Se utilizan el **target plot y summary plot** de DELTA TOOL para ver el cumplimiento del MQI y del MPI, y por tanto el cumplimiento de la incertidumbre según Directiva.

8.2.1 RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

8.2.1.1 DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

A continuación, se detallan los resultados de la validación realizada del 1 de enero de 2022 a 31 de diciembre de 2022:

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	57/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



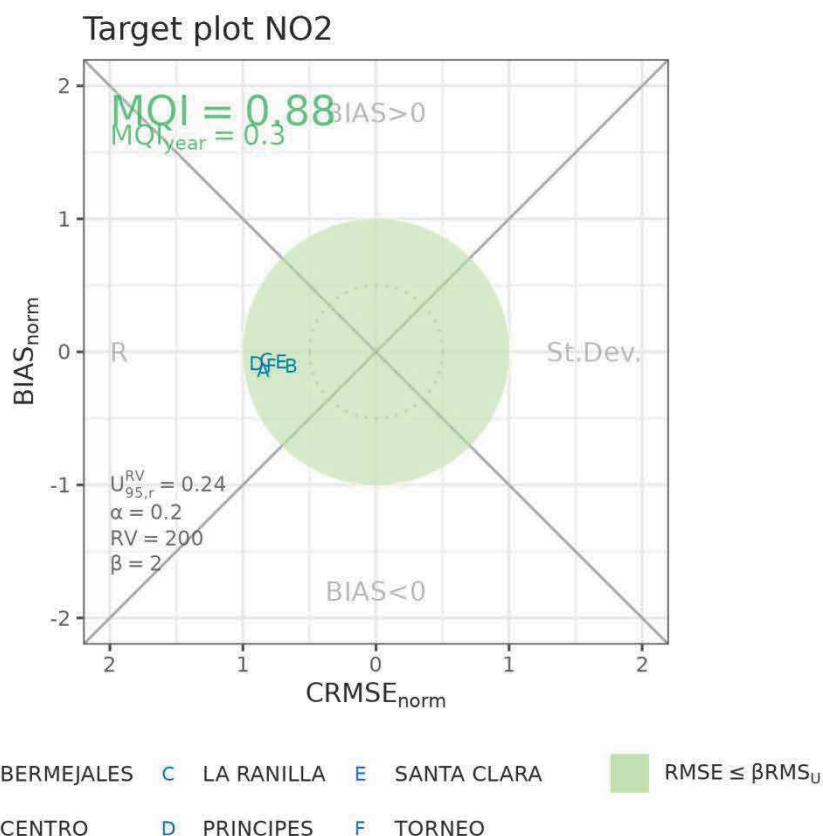


Figura 38. Target plot NO₂.

El *target plot* muestra el BIAS del modelo frente a las observaciones (eje Y) y el CRMSE (eje X). Ambos ejes se encuentran normalizados por la desviación estándar de las observaciones. **La zona verde indica aquellas estaciones que cumplirían los requisitos.**

La distancia entre el origen y cualquier punto representa el RMSE normalizado por la desviación típica de cada estación. El círculo del diagrama se corresponde con los criterios de rendimiento del modelo: Para las estaciones que están dentro del círculo, significa que el modelo tiene un RMSE menor que la media de las observaciones. Además, se cumplen dentro de este círculo las siguientes condiciones:

- 1.- Que el MB normalizado y el CRMSE normalizado son menores o igual que 1.
 - 2.- Que la correlación entre valores modelizados y observados es positiva.
- Cuanto más dentro del círculo y cerca del origen, se considera que existe una mejor aproximación del modelo a las observaciones.

Como se explicó en la introducción, el MQI (indicador de calidad del modelo) describe la discrepancia entre los resultados de las medidas y del modelo (estando vinculado al RMSE), normalizado por la incertidumbre de medición y un factor de escala. Realizando el ajuste del modelo por técnicas de corrección del BIAS se consigue que el indicador MQI sea menor que 1, cumpliendo así el MQO.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	58/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



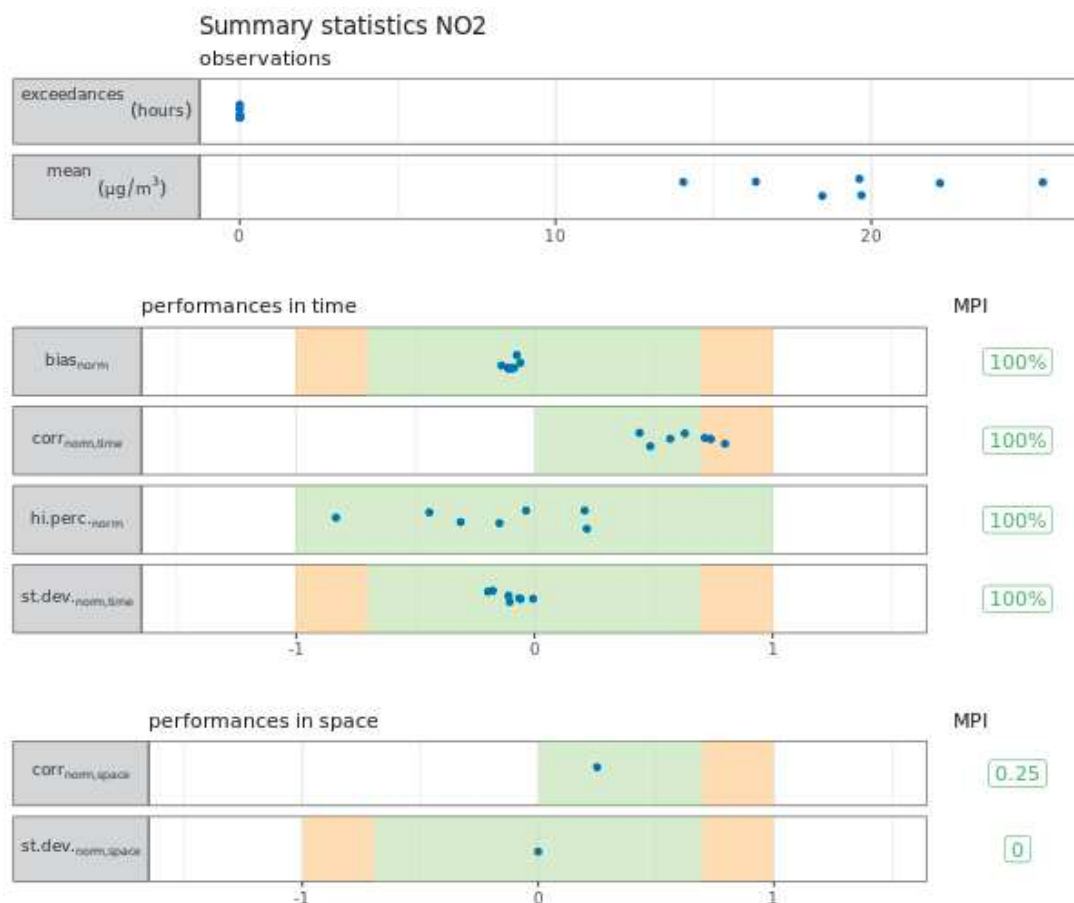


Figura 39. Summary plot NO₂.

Con respecto al *Summary Plot*, que muestran todos los criterios de rendimiento de modelado (MPC) para el MPI a través de estadísticos como la correlación, el sesgo y desviación estándar, se observa que todas las estaciones se encuentran dentro del rango de aceptación produciendo el **cumplimiento de los objetivos de calidad de la modelación (MQO) de la Directiva 2008/50/CE**. Es evidente que utilizando las técnicas de corrección por BIAS, se mejora sustancialmente esta situación, obteniéndose valores de los indicadores de calidad del modelo (MQI, MPI) siempre dentro de los criterios de aceptación.

Las Figuras siguientes se muestran algunos gráficos de variación temporal de los datos observados y modelizados para cada localización de medida (estación de calidad del aire). Las concentraciones generalmente muestran una buena concordancia, en especial en la estación de tráfico LA RANILLA, por lo que se puede asumir que los perfiles de tráfico empleados se ajustan a la situación real.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	59/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0d1Fw==		



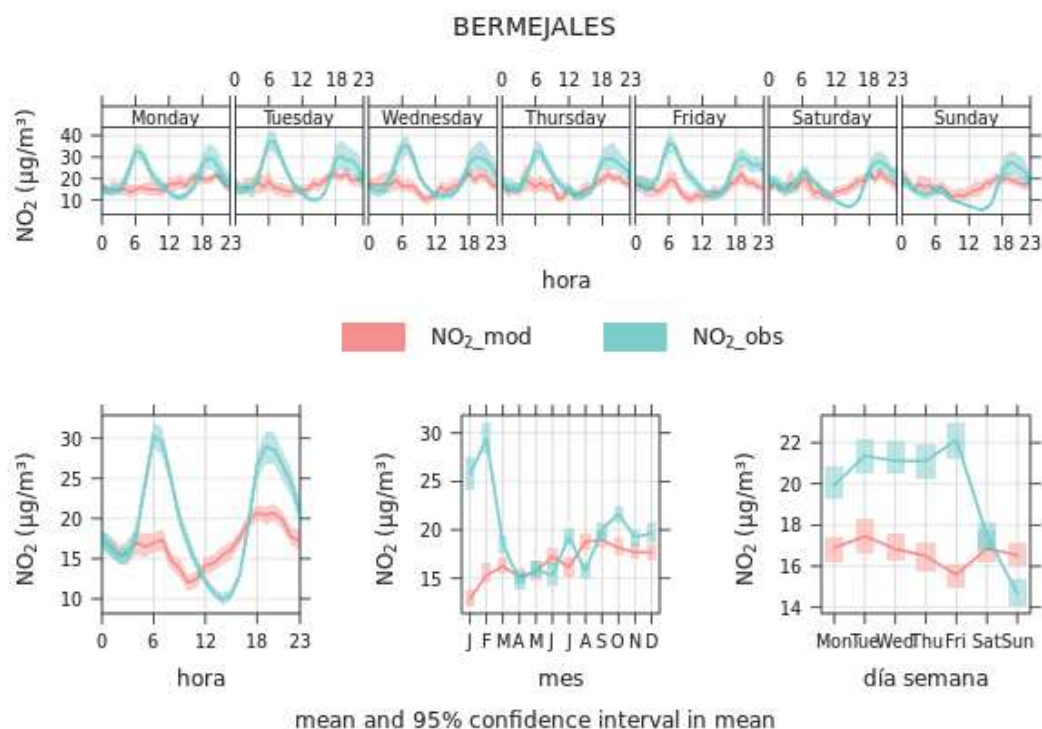


Figura 40. Gráficos de variación temporal de NO₂ (observado, en azul, y modelizado en rojo) para la estación **BERMEJALES**.

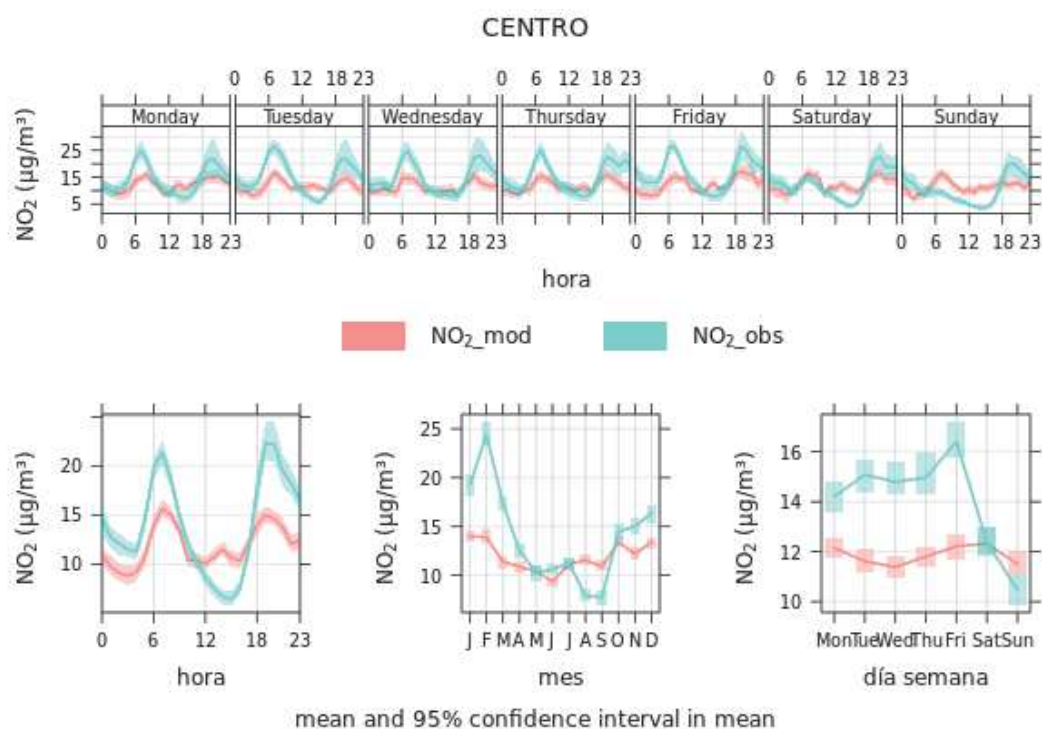


Figura 41. Gráficos de variación temporal de NO₂ (observado, en azul, y modelizado en rojo) para la estación **CENTRO**.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	60/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		



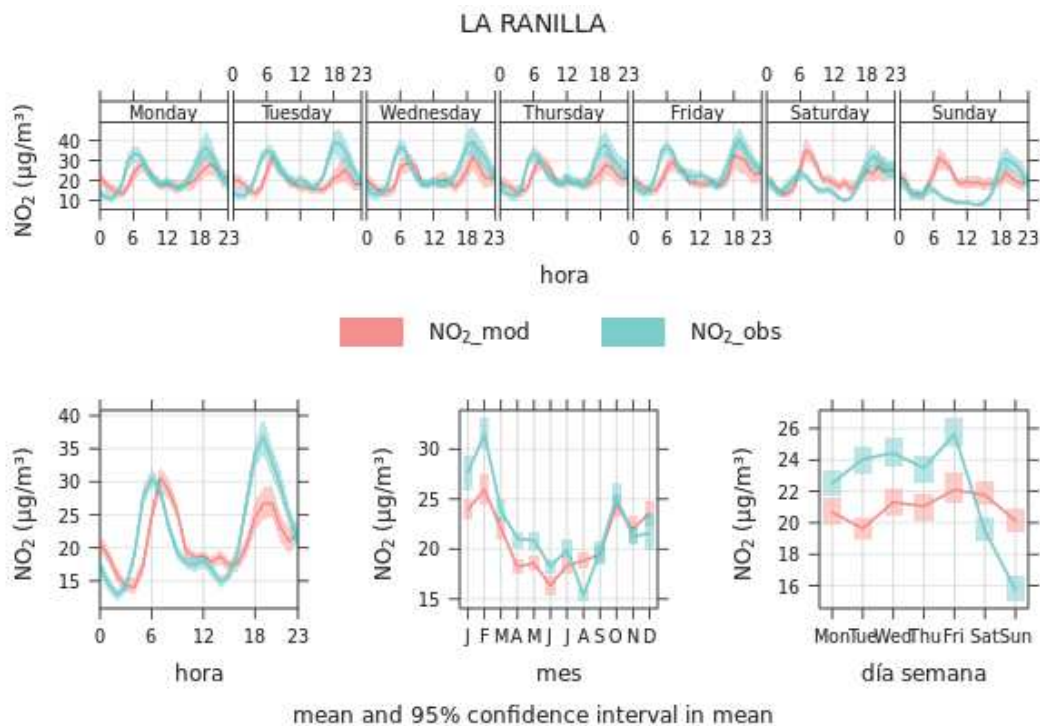


Figura 42. Gráficos de variación temporal de NO₂ (observado, en azul, y modelizado en rojo) para la estación **LA RANILLA**.

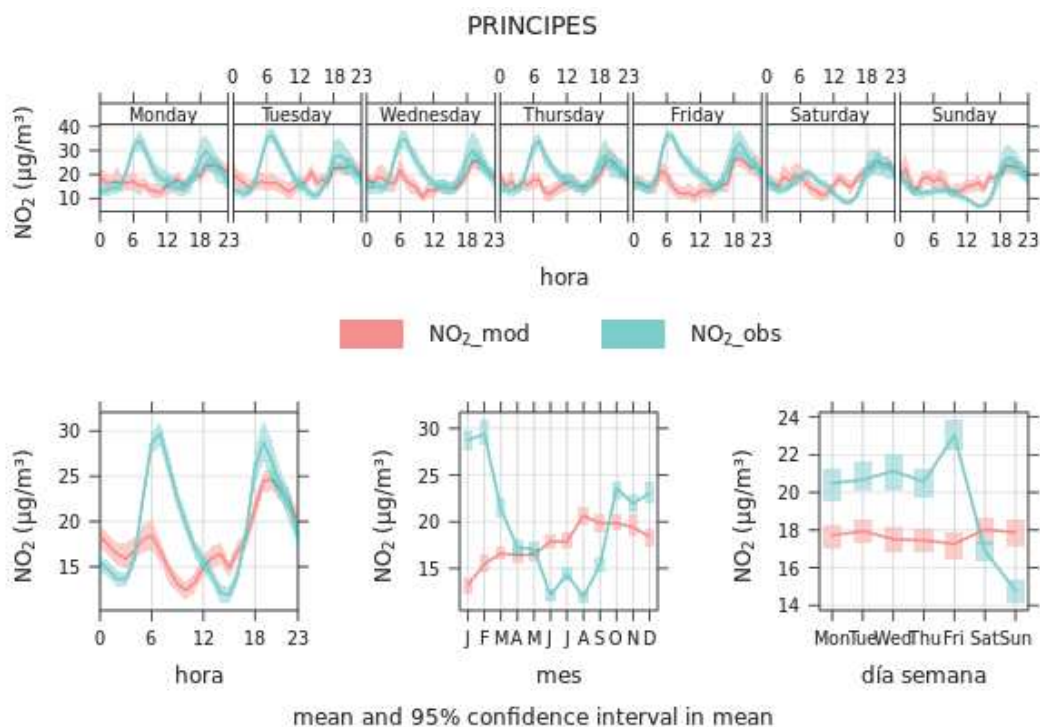


Figura 43. Gráficos de variación temporal de NO₂ (observado, en azul, y modelizado en rojo) para la estación **PRINCIPES**.

Código Seguro De Verificación	dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	Diego Gomez Garcia	Firmado	20/03/2026 09:49:23
Observaciones		Página	61/61
Url De Verificación	https://www.sevilla.org/verifirmav2/code/dkc0moxNT0uvQu5Nf0dlFw==		

