



Dirección General de Infraestructuras Judiciales
CONSEJERÍA DE PRESIDENCIA, JUSTICIA E INTERIOR

Comunidad de Madrid

CIUDAD DE LA JUSTICIA DE MADRID Plan Especial Equipamientos | 2022

ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

OCTUBRE 2022



RUEDA Y VEGA ARQUITECTOS
www.ruedavega.com

ESTUDIO SECTORIAL DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y CAMBIO CLIMÁTICO

**REGULARIZACIÓN DE LAS PARCELAS 6 Y 7 DEL APE.16.11
"CIUDAD AEROPORTUARIA Y PARQUE DE VALDEBEBAS"
28050 - MADRID (ESPAÑA)**

MAYO 2022



ÍNDICE

1. OBJETO Y ÁMBITO DE ESTUDIO	3
2. MARCO LEGAL Y ESTRATEGIAS	6
1) <i>Legislación Europea</i>	6
2) <i>Legislación Nacional</i>	8
3) <i>Legislación Autonómica</i>	11
4) <i>Plan Azul + (2013-2020)</i>	11
3. DEFINICIONES	13
4. METODOLOGÍA Y CONTEXTO	14
4.1. <i>METODOLOGÍA</i>	14
4.2. <i>ORIGEN DE LOS CONTAMINANTES Y ESCENARIO ACTUAL</i>	14
4.2.1. Emisiones debidas al Transporte por Carretera.....	14
4.2.2. Emisiones Domésticas	15
4.2.3. Emisiones Industriales	15
4.2.4. Identificación de las fuentes emisoras en la zona de estudio.....	16
4.3. <i>ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AIRE</i>	17
4.3.1. Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid y zonificación	18
4.3.2. Estaciones y Unidades de referencia para Valdebebas	19
4.3.3. Gases contaminantes considerados	23
4.3.4. Evolución histórica de los contaminantes (2013 – 2020).....	31
5. SITUACIÓN PREOPERACIONAL (AÑO 2019)	32
5.1. ESTUDIO DE INMISIÓN DE CONTAMINANTE A PARTIR DE TOMA DE DATOS.....	33
5.2. ESTUDIO DEL ORIGEN DE EMISIONES A PARTIR DE LA ORDENACIÓN URBANÍSTICA	45
6. SITUACIÓN POSTOPERACIONAL (AÑO 2030).....	53
7. HUELLA DE CARBONO DE LA ACTUACIÓN.....	58
7.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES Y LÍMITE DE LA HUELLA DE CARBONO	59
7.2. DATOS DE ENTRADA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS	59
7.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS	62
7.4. RESULTADOS FINALES.....	73
8. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO SEGÚN EL PLAN NACIONAL PNACC 2021-2030.....	75
9. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS PARA LA CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO ..	78
9.1. Fase de diseño	78
9.2. Fase de construcción y equipamiento	81
10. CONCLUSIONES FINALES.....	83

1. OBJETO Y ÁMBITO DE ESTUDIO

El presente Estudio de Contaminación Atmosférica se adjunta al Documento Ambiental Estratégico en materia de evaluación ambiental sectorial; proceso derivado del nuevo Plan Especial "Campus de la Justicia de Madrid", aprobado en 2006 y donde desarrolla las prescripciones del Plan Parcial del Sector US-4.01 "Parque de Valdebebas".

Ha sido redactado por la empresa consultora "Allpe Ingeniería y Medio Ambiente S.L." con CIF B-83168385 y dirección en la Calle Isabel Colbrand nº10, 5ª planta, oficina 134, 28050 Madrid (Correo Electrónico: info@allpe.com y Teléfono: 91 570 49 81).

Directora del estudio:

- Dña. Lucía Minguela Muñoz, DNI: 47233657Y. Gda. en Ciencias Ambientales. Coleg. 280 COAMBM

Técnicos redactores:

- Dña. Lucía Minguela Muñoz, DNI: 47233657Y. Gda. en Ciencias Ambientales. Coleg. 280 COAMBM
- Álvaro Pastor León, DNI: 03212361C. Gdo. en Ciencias Ambientales.

La zona de estudio se ubica en el **APE.16.11. "Ciudad Aeroportuaria y Parque de Valdebebas"**, de código postal 28050 y perteneciente al municipio de Madrid, concretizándose en las **parcelas 06** (donde se pretende ejecutar el Plan Especial "Campus de la Justicia de Madrid") y **07** (donde se construyó el Hospital Isabel Zandal en ausencia de planeamiento, debido a la emergencia sanitaria de 2020 motivada por la COVID-19).

Por tanto, el presente documento tiene por objetivo evaluar los cambios urbanísticos que han tenido o tendrán lugar en las parcelas referidas, desde el punto de vista de su contribución a la contaminación atmosférica para los escenarios pre y post operacional, en vista a una regularización de la Planificación Urbanística. Para ello, se tendrán en cuenta los datos de calidad atmosférica de las redes municipales y autonómicas, así como la valoración de las emisiones a futuro a partir de diferentes parámetros como la intensidad urbanística o el nivel de tráfico.



Fig. 1. Planeamiento Urbanístico de la zona según el IDE de la Comunidad de Madrid.

El parque de Valdebebas se encuentra situado en el centro-norte del municipio de Madrid, a 2,3 Km aproximadamente del municipio de Alcobendas por el norte y a unos 640 metros de altitud sobre el nivel del mar. Las coordenadas extremas entre las que se ubica dentro del Sistema de Coordenadas ETRS_89_UTM Huso 30N son las siguientes:

	Coordenada X	Coordenada Y
Esquina Noreste	447866.0	4481714.2
Esquina SURESTE	448749.84	4481481.4



Fig. 2. Mapa Topográfico de la Comunidad de Madrid 1:200.000. Fuente: IDE de la Comunidad de Madrid.



Fig. 3. Mapa Topográfico de la Comunidad de Madrid 1:200.000. Fuente: IDE de la Comunidad de Madrid.

La construcción precipitada del Hospital de Emergencias Isabel Zendal motivada por la emergencia sanitaria de la COVID-19 originó un foco permanente de afección a la atmósfera, especialmente al conllevar una carga adicional sobre el sistema de transportes asociado a la zona.

La estabilización de la situación y la motivación para desarrollar el nuevo Plan Especial "Ciudad de la Justicia" suponen una oportunidad para estudiar el escenario atmosférico de la zona, tanto previo a la construcción del Hospital Zendal como futuro, donde se contempla la construcción de la Ciudad de la Justicia.

Zona	Equipamiento y usos	Superficie (m ²)	Referencia Catastral	Coordenada X Coordenada Y
Uso previsto - Programa Judicial				
Intercamb. y parcela 06	Intercambiador de Transportes y Ciudad de la Justicia	132.606	8118602VK4881G0001UZ	448102 4481617
Uso previsto – Equipamiento Sanitario				
Parcela 07	Hospital Isabel Zendal	77.052	8618102VK4881H0002JI	448613
	Instituto de Medicina Legal	12.932	8618102VK4881H0001HU	4481605

Fig. 4. Características de las parcelas de estudio. Fuente: Catastro.

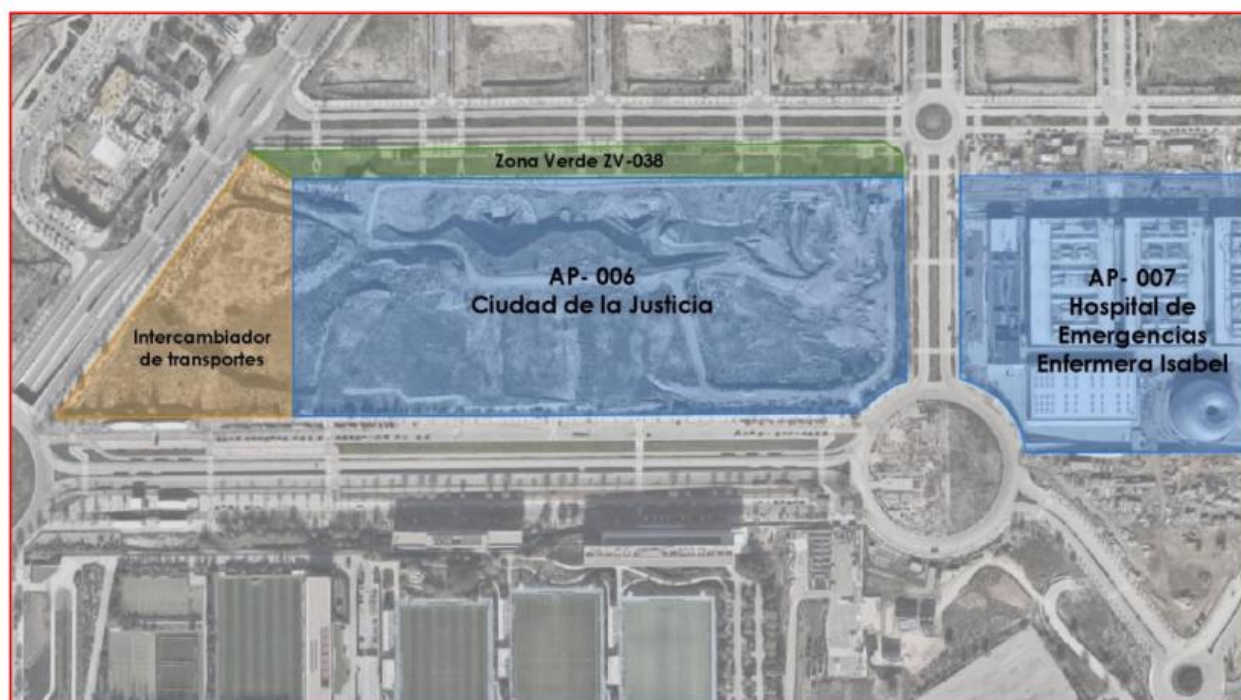


Fig. 5. Distribución gráfica de las parcelas. Fuente: Anteproyecto Ciudad de la Justicia de Madrid.

En este escenario, el aumento en el nivel de actividad, trasiego de circulación y volumen de tráfico jugarán un papel decisivo en materia de contaminación atmosférica; todo ello teniendo en cuenta la contribución del Aeropuerto de Barajas, que se encuentra a 3,5 Km al sureste de la zona de estudio.

2. MARCO LEGAL Y ESTRATEGIAS

A continuación, se recoge la normativa principal a nivel europeo, nacional y autonómico sobre Calidad del Aire:

1) LEGISLACIÓN EUROPEA

Normativa de carácter general materia de contaminación atmosférica y calidad del aire:

- Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.
- Directiva 2008/1/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de enero de 2008 relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación.
- Directiva 96/62/CE, de 27 de septiembre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente.

Normativa sectorial en materia de contaminantes atmosféricos:

- Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004 relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente. (Traspuesta por el R.D. 812/2007, de 22 de junio).
- Directiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de febrero de 2002, relativa al ozono en el aire ambiente. (Traspuesta por el RD. 1796/2003, de 26 de diciembre).
- Directiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de noviembre de 2000, sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente.
- Directiva 1999/30/CE del Consejo, de 22 de abril de 1999, relativa a los valores límite por dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente.

Normativa sectorial con incidencia en las emisiones procedentes del sector transporte:

- Directiva 2006/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006, relativa a las emisiones procedentes de sistemas de aire acondicionado en vehículos de motor y por la que se modifica la Directiva 70/156/CEE del Consejo.
- Directiva 2005/78/CE de la Comisión, de 14 de noviembre de 2005, por la que se aplica la Directiva 2005/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de motores de encendido por compresión destinados a la propulsión de vehículos, y contra la emisión de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado del petróleo destinados a la propulsión de vehículos, y se modifican sus anexos I, II, III, IV y VI.
- Directiva 2005/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de septiembre de 2005, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de motores de encendido por compresión

destinados a la propulsión de vehículos, y contra la emisión de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa alimentados con gas natural o gas licuado del petróleo destinados a la propulsión de vehículos (1).

- Directiva 2005/21/CE de la Comisión, de 7 de marzo de 2005, por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 72/306/CEE del Consejo, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra las emisiones de contaminantes procedentes de los motores diésel destinados a la propulsión de vehículos.

- Directiva 2003/76/CE de la comisión de 11 de agosto de 2003 por la que se modifica la Directiva 70/220/CEE del Consejo relativa a las medidas que deben adoptarse contra la contaminación atmosférica causada por las emisiones de los vehículos a motor.

- Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de mayo de 2003 relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte.

- Directiva 2003/17/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de marzo, por la que se modifica la Directiva 98/70/CE, relativa a la calidad de la gasolina y el gasóleo.

- Directiva 1999/32/CE del Consejo de 26 de abril de 1999 relativa a la reducción del contenido de azufre de determinados combustibles líquidos y por la que se modifica la Directiva 93/12/CEE.

- Directiva 93/12/CEE del Consejo, de 22 de marzo de 1993, relativa al contenido de azufre de determinados combustibles líquidos.

- Directiva 88/76/CEE del Consejo, de 3 de diciembre de 1987, por la que se modifica la Directiva 70/220/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros respecto a las medidas que deben adoptarse contra la contaminación del aire por los gases procedentes de los motores de explosión con los que están equipados los vehículos de motor.

- Directiva 70/220/CEE del Consejo, de 20 de marzo de 1970, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre medidas contra la contaminación atmosférica causada por los gases de escape de los vehículos de motor.

- Reglamento (CE) N° 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes y por el que se modifica la Directiva 79/117/CE.

- Directiva 2001/81/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2001 sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos.

- Directiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 23 de octubre de 2001 sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión.

Normativa sectorial con incidencia en las emisiones procedentes del sector residencial e institucional:

- Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa al rendimiento energético de los edificios.

Normativa sectorial en materia de cambio climático y emisiones de gases de efecto invernadero:

- Reglamento (CE) no 842/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006 sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero.
- Directiva 2004/101/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de Octubre de 2004, por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad, con respecto a los mecanismos de proyectos del Protocolo de Kyoto.
- Directiva 2003/87/CE del parlamento europeo y del consejo de 13 de octubre de 2003 por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo.

Normativa sectorial en materia de sustancias que agotan la capa de ozono:

- Reglamento (CE) No 2077/2004 de la Comisión de 3 de diciembre de 2004 por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono.
- Reglamento (CE) 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de junio de 2000, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono.

2) LEGISLACIÓN NACIONAL

Normativa de carácter general materia de contaminación atmosférica y calidad del aire:

- Real Decreto 818/2018, de 6 de julio, sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.
 - Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
 - Real Decreto 509/2007, de 20 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
 - Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
 - Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico.

Normativa sectorial en materia de contaminantes atmosféricos:

- Real Decreto 812/2007, de 22 de junio, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos.
- Real Decreto 1796/2003, de 26 de diciembre, relativo al ozono en el aire ambiente.

- Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.
- Real Decreto 717/1987, de 27 de mayo, por el que se modifica parcialmente el Decreto 833/1975, de 6 de febrero, y se establecen nuevas normas de calidad del aire en lo referente a contaminación por dióxido de nitrógeno y plomo.
- Real Decreto 1613/1985, de 1 de agosto, por el que se modifica parcialmente el Decreto 833/1975, de 6 de febrero, y se establecen nuevas normas de calidad del aire en lo referente a contaminación por dióxido de azufre y partículas.

Normativa sectorial con incidencia en las emisiones procedentes del sector transporte:

- Real Decreto 61/2006, de 31 de enero, por el que se fijan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo, se regula el uso de determinados biocarburantes y el contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo.
- Real Decreto 1437/2002, de 27 de diciembre, por el que se adecuan las cisternas de gasolina al Real Decreto 2102/1996, de 20 de septiembre, sobre control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (C. O. V.).
- Real Decreto 837/2002, de 2 de agosto, por el que se regula la información relativa al consumo de combustible y a las emisiones de CO₂ de los turismos nuevos que se pongan a la venta o se ofrezcan en arrendamiento financiero en territorio español.
- Real Decreto 287/2001, de 16 marzo, por el que se reduce el contenido de azufre de determinados combustibles líquidos.
- Real Decreto 1728/1999, de 12 de noviembre, por el que se fijan las especificaciones de los gasóleos de automoción y de las gasolinas.
- Real Decreto 2102/1996, de 20 de septiembre, sobre el control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) resultantes de almacenamiento y distribución de gasolina desde las terminales a las estaciones de servicio.
- Real Decreto 2616/1985, de 9 de octubre, sobre homologación de vehículos automóviles de motor, en lo que se refiere a su emisión de gases contaminantes.

Normativa sectorial con incidencia en las procedentes del sector industrial:

- Real Decreto 227/2006, de 24 de febrero, por el que se complementa el régimen jurídico sobre la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en determinadas pinturas y barnices y en productos de renovación del acabado de vehículos.

- Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo.
- Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.
- Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades.
- Real Decreto 837/2002, de 2 de agosto, por el que se regula la información relativa al consumo de combustible y a las emisiones de CO₂ de los turismos nuevos que se pongan a la venta o se ofrezcan en arrendamiento financiero en territorio español.
- Real Decreto 1800/1995, de 3 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 646/1991, de 22 de abril, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación a las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión y se fijan las condiciones para el control de los límites de emisión de SO₂ en la actividad del refino de petróleo.
- Real Decreto 1217/1997, de 18 de julio, sobre incineración de residuos peligrosos y de modificación del Real Decreto 1068/1992, de 11 de diciembre, relativo a las instalaciones de incineración de residuos municipales.
- Real Decreto 1088/1992, de 11 de septiembre, por el que se establecen nuevas normas sobre la limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de instalaciones de incineración de residuos municipales
- Real Decreto 646/1991, de 22 de abril, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión. - Real Decreto 108/91, de 1 de febrero, sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto.

Normativa sectorial con incidencia en las emisiones procedentes del sector residencial e institucional:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1218/2002, de 22 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprobó el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.
- Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.

Normativa sectorial en materia de cambio climático y emisiones de gases de efecto invernadero:

- Real Decreto 1402/2007, de 29 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 1370/2006, de 24 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, 2008- 2012.
- Real Decreto 1031/2007, de 20 de julio, por el que se desarrolla el marco de participación en los mecanismos de flexibilidad del Protocolo de Kioto.
- Real Decreto 1370/2006, de 24 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, 2008-2012.
- Real Decreto 1315/2005, de 4 de noviembre, por el que se establecen las bases de los sistemas de seguimiento y verificación de emisiones de gases de efecto invernadero en las instalaciones incluidas en el ámbito de aplicación de la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
- Real Decreto 1264/2005, de 21 de octubre, por el que se regula la organización y funcionamiento del Registro nacional de derechos de emisión.
- Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero
- Real Decreto Ley 5/2004, de 27 de agosto, por el que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.

3) LEGISLACIÓN AUTONÓMICA

- Orden 665/2014, de 3 de abril, del Consejero de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se aprueba la estrategia de calidad del aire y cambio climático de la Comunidad de Madrid 2013-2020. Plan Azul +.
- Orden 1433/2007, de 7 de junio, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se aprueba la Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Comunidad de Madrid 2006-2012. Plan Azul.

4) PLAN AZUL + (2013-2020)

Este estudio se lleva a cabo en el marco de referencia del Plan Azul; una estrategia de actuación en compromiso con la mejora de la calidad del aire y la mitigación y adaptación al cambio climático por parte de la política ambiental de la Comunidad de Madrid compuesta de 58 medidas agrupadas en:

- ✓ Cuatro programas sectoriales, dirigidos a disminuir las emisiones de contaminantes de los principales sectores generadores de actividad de la Comunidad de Madrid.
- ✓ Cuatro programas horizontales de naturaleza transversal y que inciden en más de un sector.

Esta línea de trabajo es la continuación de varios planes medioambientales del pasado (Plan de saneamiento atmosférico de la Comunidad de MADRID 1999-2002, y más recientemente, la Estrategia de Calidad del Aire y

Cambio climático de la Comunidad de Madrid 2006-2012, Plan Azul), extendiéndose a lo largo de 8 años y siguiendo distintas líneas estratégicas para la consecución de los antedichos objetivos:

- Servir como marco de referencia para la acometida de actuaciones coordinadas entre distintos organismos de la Administración.
- Mejora del conocimiento sobre la calidad del aire y adaptación del cambio climático en la Comunidad de Madrid.
- Reducción de la contaminación por sectores con estrategias individualizadas.
- Fomento del uso de combustibles más limpios y mejores tecnologías disponibles.
- Promoción del ahorro y eficiencia energética.
- Involucrar al sector empresarial en la problemática de calidad del aire y cambio climático.
- Mantenimiento de medios y herramientas adecuados para la evaluación y control de la calidad del aire.

El Plan Azul+ da prioridad a seguir reduciendo las emisiones y mejorar la calidad del aire con objetivos centrados en transporte e industria (con especial atención al NO_x y al COVNM respectivamente), sin dejar de lado el establecimiento de objetivos y actuaciones sobre otros sectores y sustancias que presenten oportunidades de actuación.

Los objetivos cuantitativos en cuanto a la calidad del aire se recogen en el Real Decreto 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire en todo el territorio de la Comunidad de Madrid. Dichos objetivos proponen la reducción de emisiones de varios de los contaminantes principales a sus valores límites anuales, diarios u horarios, incluso a umbrales más bajos que los objetivos para la protección de la salud.

En cuanto a los objetivos de mitigación del cambio climático, se establece un objetivo de reducción del CO₂ del 15% del sector residencial, transporte, comercial e institucional con respecto a los valores del año 2005, un 5% más de reducción de lo establecido en los objetivos sectoriales para la reducción de emisiones de la Comunidad de Madrid señaladas en las Decisiones 406/2009/CE y 2013/162/UE (en las que se establecen los objetivos de reducción de emisiones para cada Estado Miembro).

La revisión del Plan Azul+ determinó que los objetivos con lo referente a la calidad del aire se cumplieron en parte, superando a veces los valores máximos establecidos para los contaminantes incluidos en el Plan (cómo es el caso del O₃ en más de la mitad de las estaciones a lo largo del periodo 2013-2017) y manteniéndose en lo estipulado en otros casos (como el caso de las partículas en suspensión, que se mantuvieron debajo de los umbrales objetivo durante el periodo 2013-2017).

En cuanto a los objetivos relativos a cambio climático, el plan consiguió el objetivo de la disminución de emisiones del 10% hacia la mitad del plazo, aún con ciertos repuntes de contaminación hacia el final del periodo 2013-2020.

3. DEFINICIONES

Tal y como dispone el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, se entenderá por:

- Contaminante: cualquier sustancia presente en el aire ambiente que pueda tener efectos nocivos sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.
- Valor límite: un nivel fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, para el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza que debe alcanzarse en un período determinado y no superarse una vez alcanzado.
- Valor objetivo: nivel de un contaminante que deberá alcanzarse, en la medida de lo posible, en un momento determinado para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.
- Umbral de información: nivel de un contaminante a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana de los grupos de población especialmente vulnerables y las Administraciones competentes deben suministrar una información inmediata y apropiada.
- Umbral de alerta: un nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana que afecta al conjunto de la población y requiere la adopción de medidas inmediatas por parte de las Administraciones competentes.

4. METODOLOGÍA Y CONTEXTO

4.1. METODOLOGÍA

El presente Estudio de Contaminación Atmosférica ha seguido la siguiente metodología:

- **Estudio del contexto de la zona**, donde se analiza el comportamiento de los contaminantes más importantes y sus principales fuentes de emisión, así como las técnicas que gestiona la Comunidad de Madrid y el municipio de Madrid para la recogida de datos.
- **Estudio de la situación preoperacional**, considerándose esta el año 2019, donde se establece una normalidad en los datos previa a la emergencia de la COVID-19 y a la construcción del Hospital Isabel Zendal.

Esto permitiría establecer una situación de partida donde:

- o El tráfico rodado no contempla el funcionamiento del Hospital ni el trasiego de personas asociado al procedimiento de vacunación.
- o La actividad del Aeropuerto de Barajas no se ve alterado por los numerosos cierres de fronteras dados en 2020-2021.
- **Estudio de la situación postoperacional**, definiendo los horizontes temporales considerados por el Estudio de Tráfico y Movilidad y estimando las emisiones provocadas por los nuevos focos, una vez se construya la Ciudad de la Justicia.
- **Análisis final (apartado 10 del presente informe) comparativo entre la situación preoperacional y postoperacional.**

4.2. ORIGEN DE LOS CONTAMINANTES Y ESCENARIO ACTUAL

4.2.1. Emisiones debidas al Transporte por Carretera

Las emisiones del transporte en España en el año 2014 fueron de 77,2 MtCO₂-eq, representando un incremento de casi un 50% con respecto a 1990 como consecuencia del incremento en la demanda de movilidad de pasajeros y mercancías. No obstante, desde 2007 se ha registrado una disminución de las emisiones como consecuencia de la crisis económica y de las medidas de mitigación aplicadas al sector.

El sector transporte representa el 25% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en España y casi el 40% de las emisiones de los sectores difusos. Por modos de transporte, la carretera representa casi el 95% de las emisiones, mientras que la contribución de otros modos de transporte es bastante más minoritaria.

Dentro de este sector se incluyen las siguientes emisiones:

- El dióxido de nitrógeno (NO₂), originado principalmente por la combustión del tráfico rodado. Ha crecido un 8% en transporte frente a la enorme crecida del 150% en industria, pero con una potencia de emisión proporcional mucho mayor en el primero.

- Partículas PM10 y PM2,5, originadas principalmente en el tráfico rodado de tipo diésel, con menor incidencia en las calderas.
- El monóxido de carbono (CO), derivado de la combustión del petróleo del transporte. La actividad humana lo genera en grandes cantidades, siendo después del CO₂, el contaminante emitido en mayor cantidad a la atmósfera por causas no naturales. Sin embargo, su tendencia ha sido la reducción de casi un 50% desde 1990, debido a la mejora en la eficiencia de los motores de combustión y calderas.
- Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) como el benceno, originado en el tráfico rodado entre otros.
- El ozono (O₃), que se forma en presencia de sus precursores (fundamentalmente NO_x y COVs) en condiciones de altas temperaturas y elevada radiación solar. Por tanto, depende principalmente del tráfico y de la industria.

4.2.2. Emisiones Domésticas

Dentro de este sector se incluyen las siguientes emisiones:

- El dióxido de azufre (SO₂), originado principalmente por la combustión de carbón y fuel-oil, aunque en Madrid no existen grandes fuentes emisoras, únicamente se puede considerar como fuente las calefacciones domésticas de carbón, cada vez menos utilizadas. De hecho, desde 1990 se han reducido las emisiones en más de un 40%, debido principalmente a la mejora de los combustibles y carburantes.

4.2.3. Emisiones Industriales

Dentro de este sector se incluyen las siguientes emisiones:

- El ozono (O₃), que se forma en presencia de sus precursores (fundamentalmente NO_x y COVs) en condiciones de altas temperaturas y elevada radiación solar. Por tanto, depende principalmente del tráfico y de la industria.
- El monóxido de carbono (CO) que se da en las calderas de calefacción, muy por debajo del CO producido en el transporte pero que ha experimentado un aumento debido al crecimiento de la producción.
- El benceno (C₆H₆), cuyos principales focos industriales de emisión son el almacenamiento y distribución de productos petrolíferos, la evaporación de disolventes orgánicos y los residuos.

4.2.4. Identificación de las fuentes emisoras en la zona de estudio

La zona donde se encuentran las parcelas de Estudio se clasifica como terreno Urbano Mixto de tipo ensanche residencial. Este suelo contempla la edificación residencial y terciaria en un horizonte próximo, que coincidirá con el escenario postoperacional del presente informe.

A su alrededor se encuentran espacios de equipamiento dotacional de distintos usos, entre los que se encuentran la Ciudad Deportiva del Real Madrid (al sur) y el Parque Forestal de Valdebebas - Felipe V, que ocupa una gran extensión de la delimitación barrial de Valdebebas.



Fig. 6. Ocupación del Suelo en España, 2014 Fuente: Comunidad de Madrid.

Los núcleos residenciales más próximos que no forman parte de la zona de estudio son el barrio de las Cárcavas (al oeste) y Barajas pueblo al sureste. Al suroeste inmediato comienza pronto el conglomerado de mosaicos que conforman el municipio de Madrid, donde se alternan espacios comerciales terciarios con zonas residenciales y sus usos asociados.

Debido a la cercanía de la zona de estudio con el Aeropuerto de Barajas, existe una gran presencia de infraestructuras dedicadas al transporte, tanto ferroviario, aéreo y rodado, donde destacan:

- Carretera M-12
- Carretera M-11
- Carretera M-40
- Las líneas C1 y C10 de Renfe.

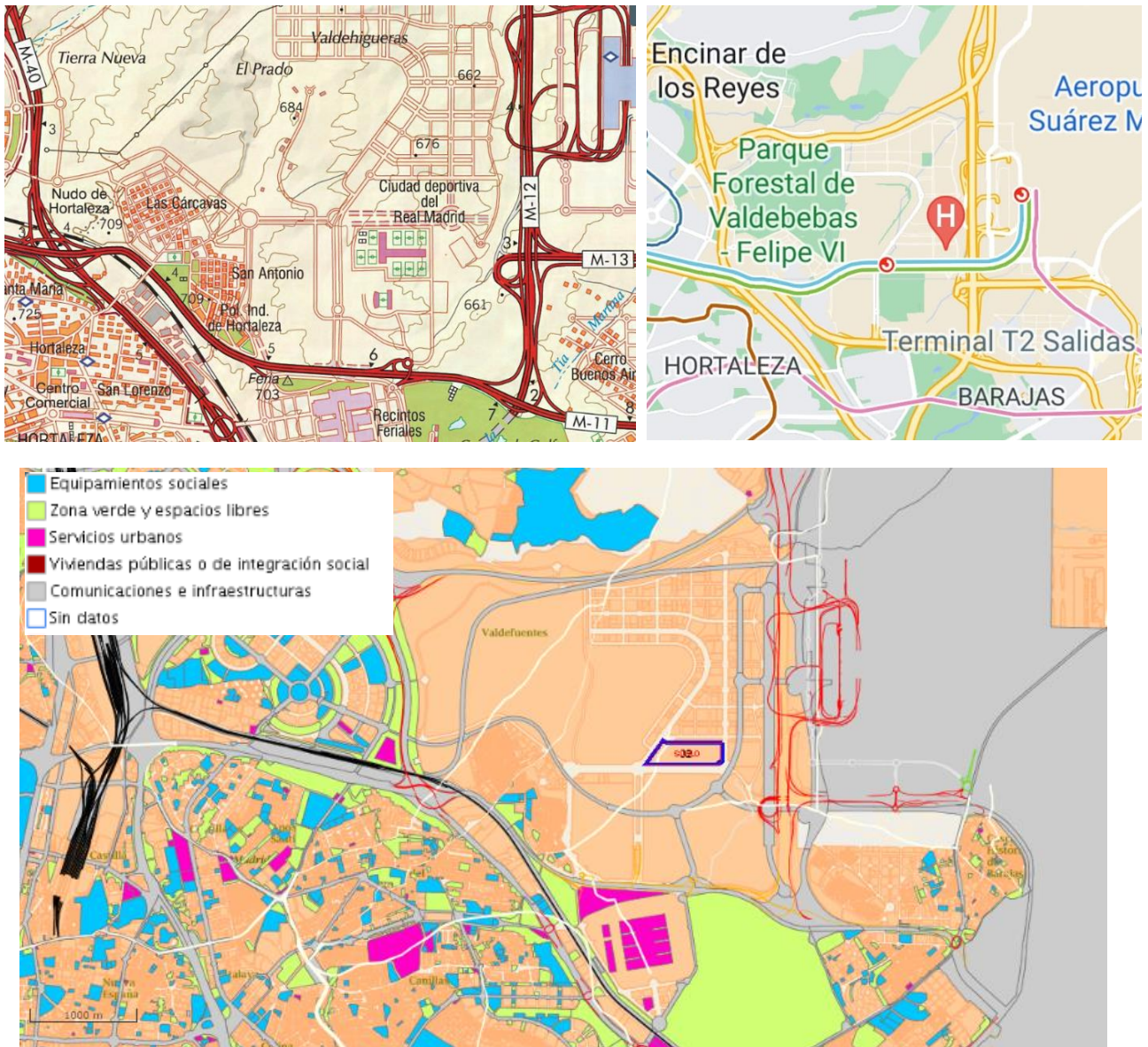


Fig. 7. Sistemas y Redes de Planeamiento. Fuente: Comunidad de Madrid.

En conclusión teórica, encontramos una mayor contaminación asociada al sector transportes. La zona de estudio, al estar situada en el entramado de tráfico rodado y aéreo, y ubicándose en una zona residencial sin espacios cercanos dedicados a la industria, puede atribuir la mayoría de sus contaminantes al sector transporte.

4.3. ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AIRE

Conocer los niveles de emisión atmosférica y la concentración de los contaminantes en el aire permite considerar sus niveles de inmisión. Para ello, este Estudio abarca el cálculo de las emisiones de los principales contaminantes del aire y su percepción desde las Estaciones de Análisis de la Comunidad de Madrid.

La comparativa entre ambos tipos de información es lo que esboza la situación actual de la zona de estudio y la que tendrá lugar en el escenario postoperacional.

A continuación, se detalla el funcionamiento de recogida de datos de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid:

4.3.1. Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid y zonificación

La Comunidad de Madrid cuenta con una Red de Control de la Calidad del Aire que sigue los niveles de inmisión de los contaminantes principales a través de un conjunto de 24 estaciones automáticas fijas y de dos laboratorios de referencia móviles: una unidad móvil y un autobús.

Para ello, la Comunidad de Madrid está dividida en siete zonas de calidad atmosférica homogénea según un estudio de representatividad que realizó en 2006, siguiendo las prescripciones de la Directiva Marco sobre calidad del aire ambiente (Directiva 1996/62/CE), y de sus Directivas Hijas (Directiva 1999/30/CE, Directiva 2000/69/CE, Directiva 2002/3/CE y Directiva 2004/107), entre otros documentos.

La zonificación subdivide y clasifica el territorio en siete zonas homogéneas con características similares en cuanto a calidad del aire se refiere, donde existen:

- Cuatro aglomeraciones (Madrid, Corredor del Henares, Urbana Sur y Urbana Noroeste)
- Tres zonas rurales (Sierra Norte, Cuenca del Alberche y Cuenca del Tajuña).

La zona de estudio se ubica en la aglomeración delimitada como Zona 1 (Madrid).

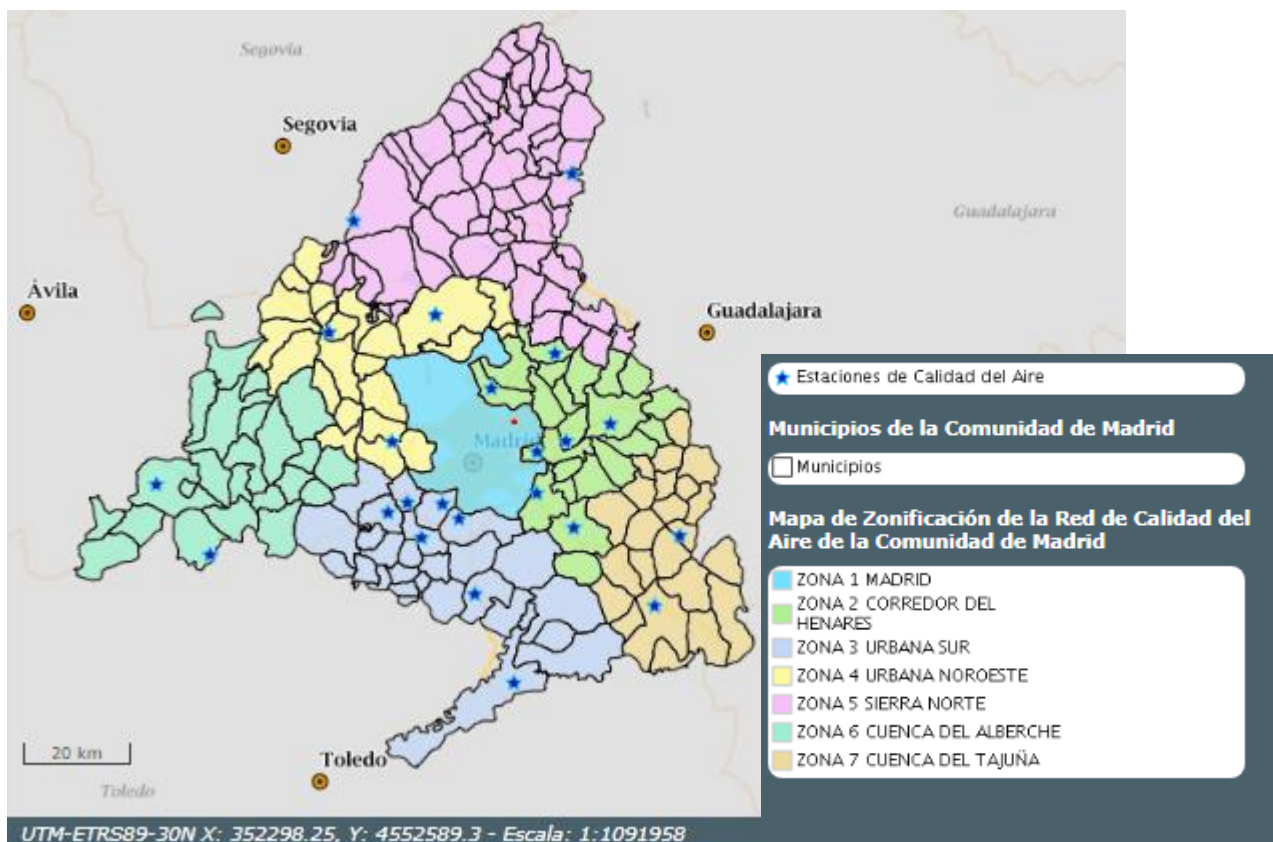


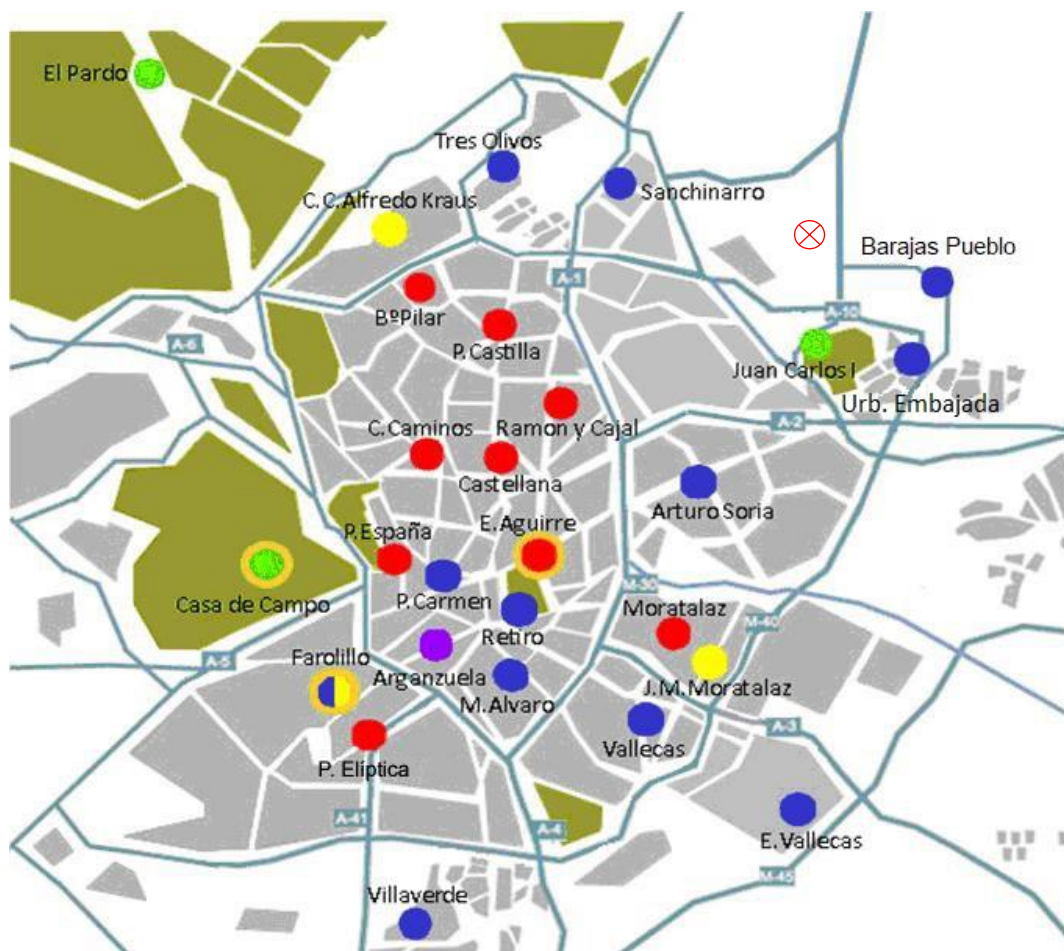
Fig. 8. Zonificación de Calidad de Aire y ubicación de estaciones fijas Fuente: Comunidad de Madrid.

4.3.2. Estaciones y Unidades de referencia para Valdebebas

Las estaciones remotas son de varios tipos:

- Urbanas de fondo: son representativas de la exposición de la población urbana en general.
- De tráfico: situada de tal manera que su nivel de contaminación está influido principalmente por las emisiones procedentes de una calle o carretera próxima, pero se ha de evitar que se midan microambientes muy pequeños en sus proximidades.
- Suburbanas: están situadas a las afueras de la ciudad, en los lugares donde se encuentran los mayores niveles de ozono.

Las dos primeras tienen como objetivo la protección de la salud humana, mientras que las suburbanas vigilan la protección de la salud humana y la vegetación.



Tipos de estación:

- | | | | |
|-------------------|--|---|--|
| ▪ Suburbana | | Punto muestreo metales pesados | |
| ▪ Tráfico | | Red IME (Indicador medio de exposición PM2,5) | |
| ▪ Urbana de fondo | | Estaciones completas (super-sites) | |

Fig. 9. Distribución y tipo de estaciones fijas automáticas. Fuente: Comunidad de Madrid.

Según la imagen anterior, las estaciones más cercanas a la zona de estudio (la cruz roja) son la estación de Sanchinarro, la de Urbanización Embajada y la de Juan Carlos I. Además, se incluye la estación de Alcobendas por motivos de proximidad (7 km), a pesar de pertenecer a la zona 2 (C. del Henares):

ESTACIÓN: Sanchinarro		Ref. 57 CÓDIGO: 28079057
Dirección: C/ Princesa de Eboli esq C/ Maria Tudor		
Longitud 3º 39' 37.86" O	Latitud 40º 29' 39.12" N	Altitud 700 m.
Tipo de estación: Urbana de Fondo		
Contaminantes medidos:		
Óxidos de nitrógeno totales		X
- Dióxido de nitrógeno (NO2)		X
- Monóxido de nitrógeno (NO)		X
Dióxido de azufre (SO2)		X
Partículas PM10		X
Partículas PM2.5 (2020)		X
Monóxido de carbono (CO)		-
Ozono (O3)		-
Benceno (BTX)		-

ESTACIÓN: Juan Carlos I		Ref. 59 CÓDIGO: 28079059
Dirección: Parque Juan Carlos I		
Longitud 3º 36' 32.66" O	Latitud 40º 27' 54.90" N	Altitud 660 m.
Tipo de estación: Suburbana		
Contaminantes medidos:		
Óxidos de nitrógeno totales		X
- Dióxido de nitrógeno (NO2)		X
- Monóxido de nitrógeno (NO)		X
Dióxido de azufre (SO2)		-
Partículas PM10		X
Partículas PM2.5		-
Monóxido de carbono (CO)		-
Ozono (O3)		X
Benceno (BTX)		-

ESTACIÓN: Urbanización Embajada (Barajas)		Ref. 55 CÓDIGO: 28079055
Dirección: C/Riaño		
Longitud 3º 34' 50.03" O	Latitud 40º 27' 44.51" N	Altitud 619 m.
Tipo de estación: Urbana de Fondo		
Contaminantes medidos:		
Óxidos de nitrógeno totales		X
- Dióxido de nitrógeno (NO2)		X
- Monóxido de nitrógeno (NO)		X
Dióxido de azufre (SO2)		-
Partículas PM10		X
Partículas PM2.5 (2020)		-
Monóxido de carbono (CO)		-
Ozono (O3)		-
Benceno (BTX)		X

ESTACIÓN: Alcobendas		Zona 2 CÓDIGO: 28006004
Dirección: C/ Pintor Murillo, Parque de Andalucía		
Longitud 3º 37' 56" O	Latitud 40º 32' 27" N	Altitud 688 m.
Tipo de estación: Tráfico-Urbana		
Contaminantes medidos:		
Óxidos de nitrógeno totales		X
- Dióxido de nitrógeno (NO2)		X
- Monóxido de nitrógeno (NO)		-
Dióxido de azufre (SO2)		-
Partículas PM10		X
Partículas PM2.5 (2020)		-
Monóxido de carbono (CO)		-
Ozono (O3)		X
Benceno (BTX)		-

El Servicio de Calidad del Aire también cuenta con dos unidades móviles, se usan como estaciones remotas para la realización de campañas de medición específicas. Se encargan de determinar los niveles de contaminación en lugares alejados o fuera del radio de control de las estaciones remotas fijas que integran la Red Automática de Vigilancia. Por su versatilidad, se ha convertido en un elemento imprescindible en el control de la calidad del aire. Están equipadas como las estaciones remotas más completas y su capacidad técnica y analítica es la siguiente:

- Partículas en suspensión (microbalanza)

- Dióxido de azufre (fluorescencia ultravioleta)
- Monóxido de carbono (absorción infrarroja)
- Óxidos de nitrógeno (quimioluminiscencia)
- Ozono (absorción ultravioleta)
- Benceno, tolueno y xileno (cromatografía de gases)
- Dirección del viento, velocidad del viento, humedad relativa, presión y temperatura (equipos meteorológicos)

Para este estudio se utilizará la información recogida en las campañas de 2018-2019 para la zona de Valdebebas. Las Unidades de medida cuentan con un sistema de adquisición de datos (SAD) que registra los datos medidos en continuo y los transmite al centro de control para su integración en la base de datos existente y posterior validación y estudio. La red de comunicación es vía VPN.

Se incluyen en la siguiente tabla la fecha de inicio y fin del periodo de estudio y los contaminantes medidos:

CAMPAÑA	FECHA INICIO	FECHA FIN	CONTAMINANTES	UBICACIÓN
1. Unidad móvil 2	27/Dic/2018	30/Ene/2019	NOx, CO, PM10, BEN y Ozono	40°29'34.07"N 3°36'45.93"O Altura: 649 m.
2. Unidad móvil 2	18/Jun/2019	11/Jul/2019		

Por tanto, la cercanía a la zona de Estudio es de 900 metros aproximadamente.

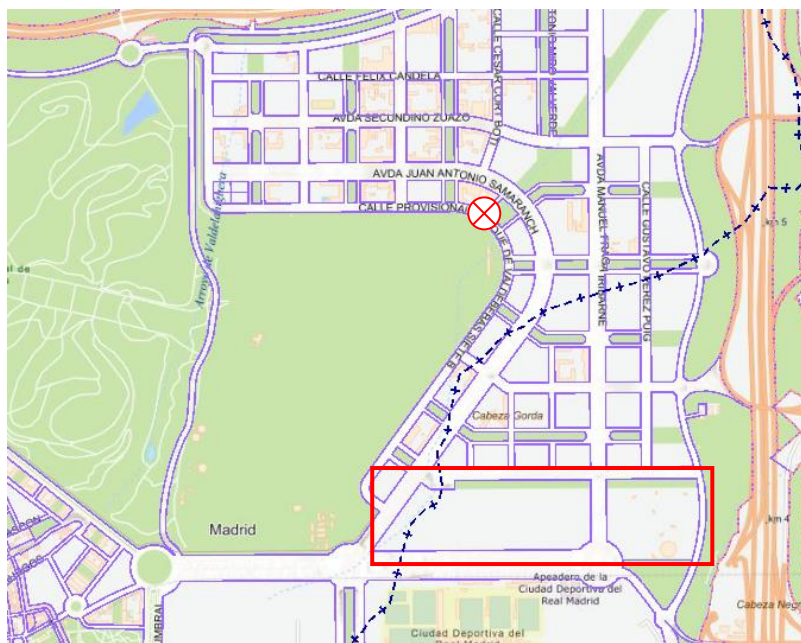
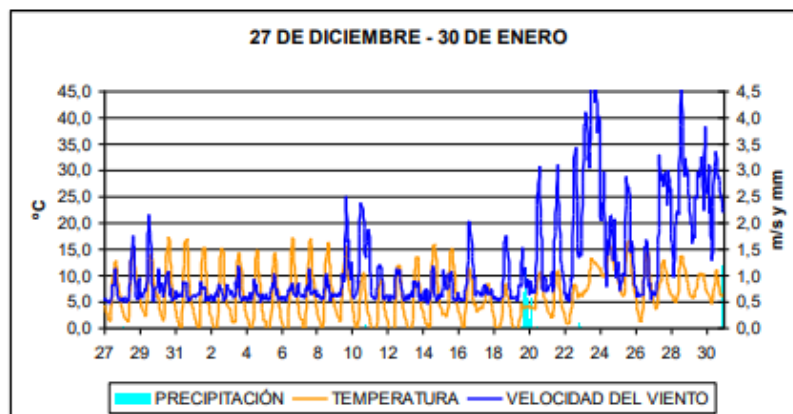


Fig. 10. Ubicación de las Unidades Móviles en Valdebebas. Fuente: Comunidad de Madrid.

A continuación, se registran las condiciones en que fueron tomados los datos y que influyeron en los resultados a contemplar, tal y como consta en los informes de la Subdirección General de Sostenibilidad.

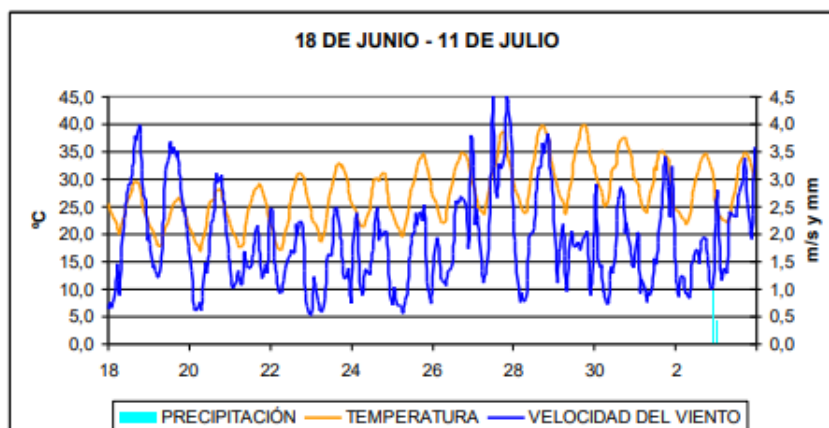
Condiciones meteorológicas de la Campaña 1 (Diciembre – Enero 2019):

La temperatura media del periodo ha sido de 6.3° C, mientras que las medias de máximas y mínimas han sido de 13.2 y 1.3° C respectivamente. La temperatura media del periodo estudiado ha sido normal mientras que las medias de máximas y mínimas han sido respectivamente más cálidas y más frías que lo normal. Respecto a la precipitación, el periodo ha sido extremadamente seco (9 mm). El periodo estudiado ha sido de gran estabilidad atmosférica hasta el día 17 de enero. A partir de aquí, la inestabilidad fue la que reinó en la atmósfera de la ciudad de Madrid. Esto se pone de manifiesto con la escasez de precipitaciones recogidas, las bajas velocidades del viento y la elevada amplitud térmica diaria que se puede observar durante el primer periodo del estudio (hasta dicho día 17 de enero). A consecuencia de esta estabilidad meteorológica y de la baja ventilación atmosférica, se han registrado elevados niveles de contaminación en toda la red, llegándose a activar el protocolo de contaminación por dióxido de nitrógeno en la ciudad de Madrid.



Condiciones meteorológicas de la Campaña 2 (Junio – Julio 2019)

La temperatura media del periodo ha sido de 27.4° C, mientras que las medias de máximas y mínimas han sido de 33.6 y 21° C respectivamente. El periodo estudiado ha resultado ligeramente cálido. Aunque la parte correspondiente a junio fue suave, a finales de este mes la ciudad sufrió la llegada de una ola de calor (27-30 de junio) durante la que se alcanzaron máximos históricos de temperatura. La precipitación media acumulada por la red ha sido de 1.4 mm. El periodo estudiado ha sido extremadamente seco en su generalidad.



4.3.3. Gases contaminantes considerados

OBJETIVOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD (VALORES LÍMITE)						
Contaminante	Periodo de promedio	Valor límite	Fecha cumplimiento	Umbral Alerta		
SO ₂	Horario	350 µg/m ³ (máximo 18 superaciones /año)	01/01/2005	500 µg/m ³ (en 3 horas en un área de al menos 100 km o en una zona o aglomeración completa)		
	Diario	125 µg/m ³ (máximo 18 superaciones /año)		--		
NO ₂	Horario	200 µg/m ³ (máximo 18 superaciones /año)	01/01/2010	400 µg/m ³ (en 3 horas en un área de al menos 100 km o en una zona o aglomeración completa)		
	Anual	40 µg/m ³		--		
PM10	Diario	50 µg/m ³ (máximo 35 superaciones / año)	01/01/2005	--		
	Anual	40 µg/m ³		--		
Pb	Anual	0,5 µg/m ³	01/01/2005	--		
PM2.5	Anual	25 µg/m ³	01/01/2015	--		
C ₆ H ₆	Anual	5 µg/m ³	01/01/2010	--		
CO	Máximo diario de las medias móviles octohorarias	10 mg/m ³	01/01/2005	--		
OBJETIVOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD (VALORES OBJETIVO)						
Contaminante	Periodo de promedio	Valor objetivo	Objetivo a largo plazo	Fecha cumplimiento	Umbral Información	Umbral Alerta
As	Anual	6 ng/m ³		01/01/2013	--	--
Cd	Anual	5 ng/m ³		01/01/2013	--	--
Ni	Anual	20 ng/m ³		01/01/2013	--	--
B(a)P	Anual	1 ng/m ³		01/01/2013	--	--
Ozono (O ₃)	Horario	--	--	01/01/2004	180 µg/ m ³	240 µg/ m ³
	Máximo diario de las medias móviles octohorarias	120 µg/m ³ máximo 25 superaciones en un promedio de 3 años)		01/01/2010	--	--
	Máximo diario de las medias móviles octohorarias	--	120 µg/m ³	No definida	--	--

Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

El dióxido de nitrógeno (NO₂) es un contaminante indicador de actividades de transporte, especialmente del realizado por carretera, aunque también se emite en la combustión de grandes industrias como la cementera y las calderas del sector residencial.

Lo emiten directamente los vehículos, especialmente los diésel (emisiones primarias), y también se generan en la atmósfera a partir de monóxido de nitrógeno (NO) de los vehículos por un proceso químico, dicho gas se transforma en NO₂ (contaminante «secundario»).

Los NO_x poseen una gran trascendencia en la formación del "smog fotoquímico" (mezcla de niebla, humo y vapores), influye en las reacciones de formación del ozono, tanto troposférico como estratosférico (precursor importante) e intervienen en el fenómeno de la lluvia ácida.

En altas concentraciones producen problemas respiratorios sobre la salud humana, problemas de crecimiento y clorosis en la vegetación, y son capaces de corroer tejidos y materiales diversos.

Los valores de inmisión según la distribución horaria del NO₂ son:

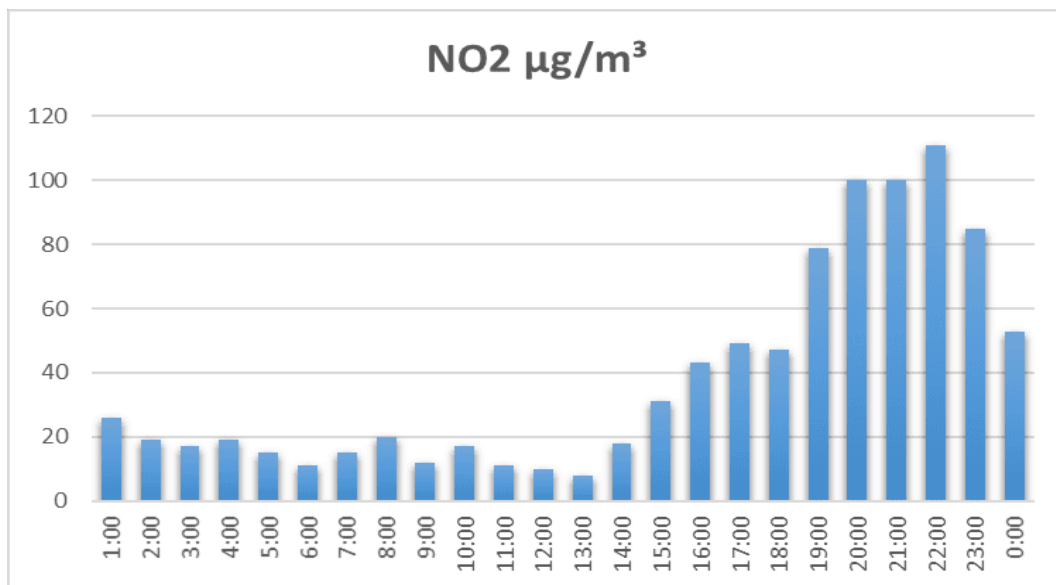


Fig. 11 Comportamiento del NO₂ según distribución horaria, 2019.

Fuente: Estación Juan Carlos I, Comunidad de Madrid.

Según la legislación española en materia de calidad de aire, el valor límite de este contaminante se contempla aquí:

<p>VALOR LIMITE HORARIO para la protección de la salud humana 200 µg/m³ Que no podrán superarse en más de 18 ocasiones al año</p>	<p>VALOR LIMITE ANUAL para la protección de la salud humana 40 µg/m³</p>	<p>UMBRAL DE ALERTA 400 µg/m³ 3 horas consecutivas en un área > 100 km²</p>
---	--	---

Partículas en Suspensión (PM₁₀ y PM_{2,5})

El material particulado (PM_x) es una mezcla de elementos con características diversas, formadas a partir de otros contaminantes primarios y elementos naturales. Este material se genera en procesos de combustión (tráfico rodado principalmente, cuyo mayor responsable es el vehículo diésel; sistemas de calefacción y actividades agrónomas). En el caso de España, se pueden encontrar aportes de origen natural como pueden ser las procedentes del desierto del Sáhara por su situación geográfica.

El término PM₁₀ se refiere a partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 10 µm, comprendiendo las fracciones fina y gruesa, y PM_{2.5} se refiere a partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 2.5 µm, con una capacidad variable de penetración en el cuerpo y daño en la salud humana. Además, las partículas presentan efectos nocivos ambientales al influir en la temperatura atmosférica por su capacidad de absorber o emitir radiación, alterar la cubierta nubosa, y servir de medio para reacciones químicas.

En concreto, Las PM_{2,5} en la atmósfera contribuyen a la acidificación del agua de lluvia, la cual altera la composición de los suelos y mantos acuíferos, afectando a los organismos vivos que dependen de estos sistemas. También deteriora los monumentos históricos y estructuras. La disminución de la visibilidad también puede considerarse como un factor de daño al ecosistema.

Los valores de inmisión según la distribución horaria de las PM₁₀ son:

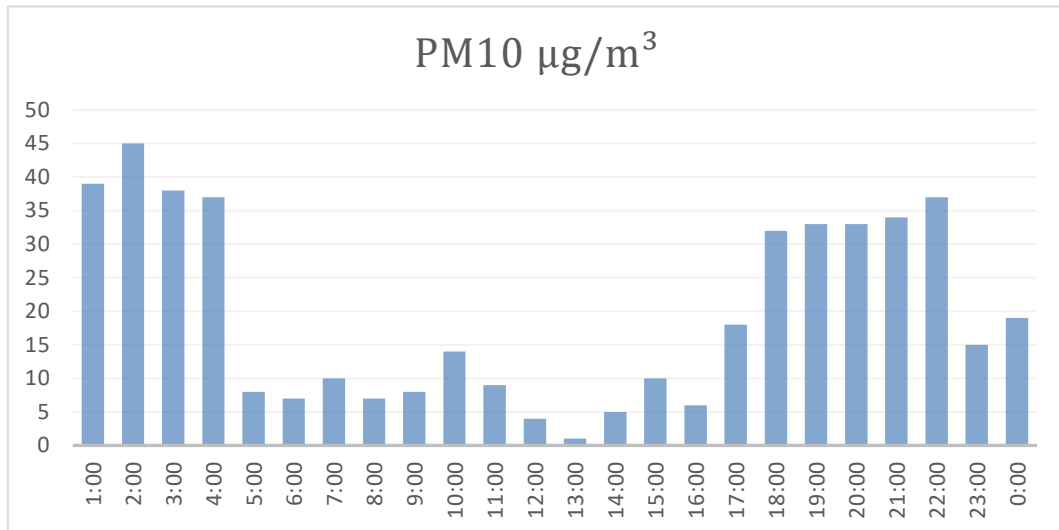


Fig. 12. Comportamiento de PM₁₀ según distribución horaria, 2019.

Fuente: Estación Sanchinarro, Comunidad de Madrid.

Según la legislación española en materia de calidad de aire, el valor límite de este contaminante se contempla aquí:

<p>VALOR LIMITE DIARIO para la protección de la salud humana: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Que no podrán superarse en más de 35 ocasiones al año)</p>	<p>VALOR LIMITE ANUAL para la protección de la salud humana: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</p>
---	--

Por otro lado, los datos de inmisión más cercanos a la zona de estudio comenzaron a tomarse en 2020 para la estación de Sanchinarro, por lo que puede presentar algunos condicionantes:

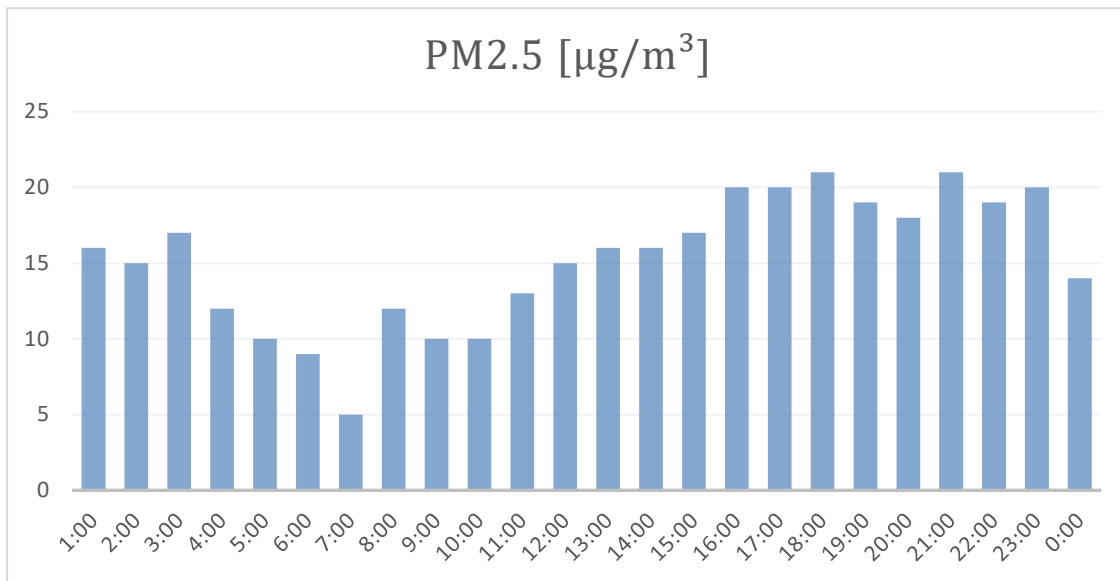


Fig. 13. Comportamiento de PM2,5 según distribución horaria, 2020.

Fuente: Estación Sanchinarro, Comunidad de Madrid.

Según la legislación española en materia de calidad de aire, el valor límite de las PM2,5 se contempla aquí:

VALOR LÍMITE ANUAL Para la protección de la salud humana: 25 µg/m ³

Dióxidos de azufre (SO₂)

El dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro, no inflamable. Posee un olor fuerte e irritante en altas concentraciones. Se origina por la combustión de carburantes con cierto contenido en azufre (carbón, fuel) y la fundición de minerales ricos en sulfatos, generándose principalmente por la actividad industrial (incluyendo las termoeléctricas).

Su vida media en la atmósfera es corta. Casi la mitad del SO₂ vuelve a depositarse en la superficie, húmedo o seco, y el resto se convierte en iones sulfato (SO₄⁻) que pueden dar lugar a ácido sulfúrico (H₂SO₄). Por este motivo, es un importante factor en la lluvia ácida. Esto significa que puede depositarse lejos de donde fueron emitidos los SO_x.

Los valores de inmisión según la distribución horaria del SO₂ son:

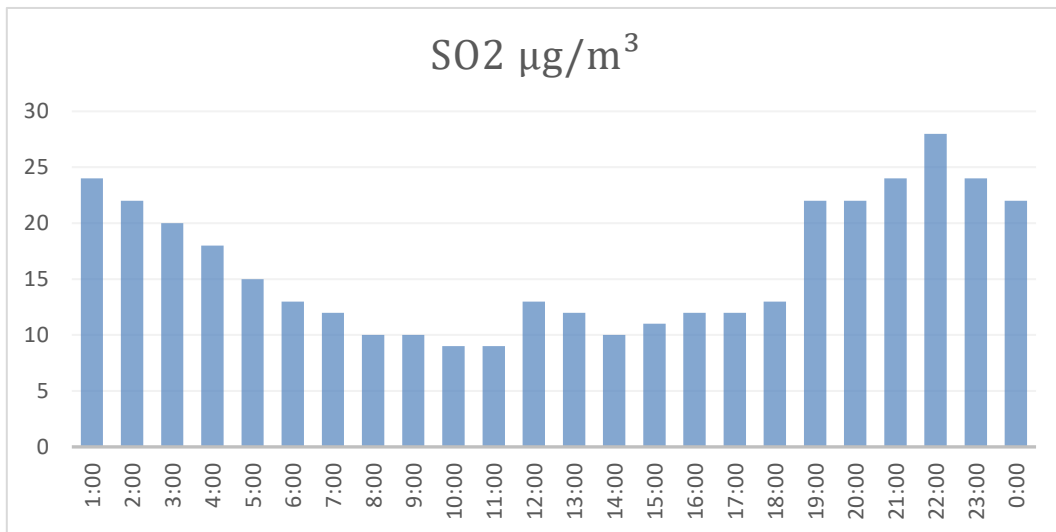


Fig. 14. Comportamiento del SO₂ según distribución horaria, 2019.

Fuente: Estación Sanchinarro, Comunidad de Madrid.

Según la legislación española en materia de calidad de aire, el valor límite de este contaminante se contempla aquí:

<p>VALOR LÍMITE HORARIO 350 µg/m³ Que no podrán superarse en más de 18 ocasiones al año.</p>	<p>VALOR LÍMITE DIARIO 125 µg/m³ Que no podrán superarse en más de 18 ocasiones al año.</p>	<p>UMBRAL DE ALERTA 500 µg/m³ 3 horas consecutivas en un área > 100 Km²</p>
--	---	---

Ozono troposférico (O₃)

Podemos diferenciar dos tipos de ozono dependiendo de en qué zona de la atmósfera se encuentra: ozono troposférico, que se encuentra al nivel de la superficie terrestre y que es perjudicial para la salud, y el ozono estratosférico, que se encuentra a una altura de entre 15 y 50 km y es beneficioso al actuar como filtro de la radiación ultravioleta.

El ozono (O₃) troposférico es un contaminante secundario que se forma a partir de una serie de contaminantes precursores (fundamentalmente NO_x y COVs) cuando encuentran un nivel de insolación suficiente. Dichos contaminantes que conforman este gas azulado y picante provienen del tráfico, las instalaciones de combustión o la industria química. Su alto poder oxidante lo hace muy peligroso cuando aparece en la troposfera porque puede producir daños en nuestra salud, en la vegetación y en los materiales.

Los niveles más altos de ozono se alcanzan durante los meses estivales ya que la formación de ozono esta catalizada por la radiación solar y las altas temperaturas. Por este motivo los máximos diarios suelen presentarse durante las primeras horas de la tarde. Los valores de inmisión según la distribución horaria del O₃ son:

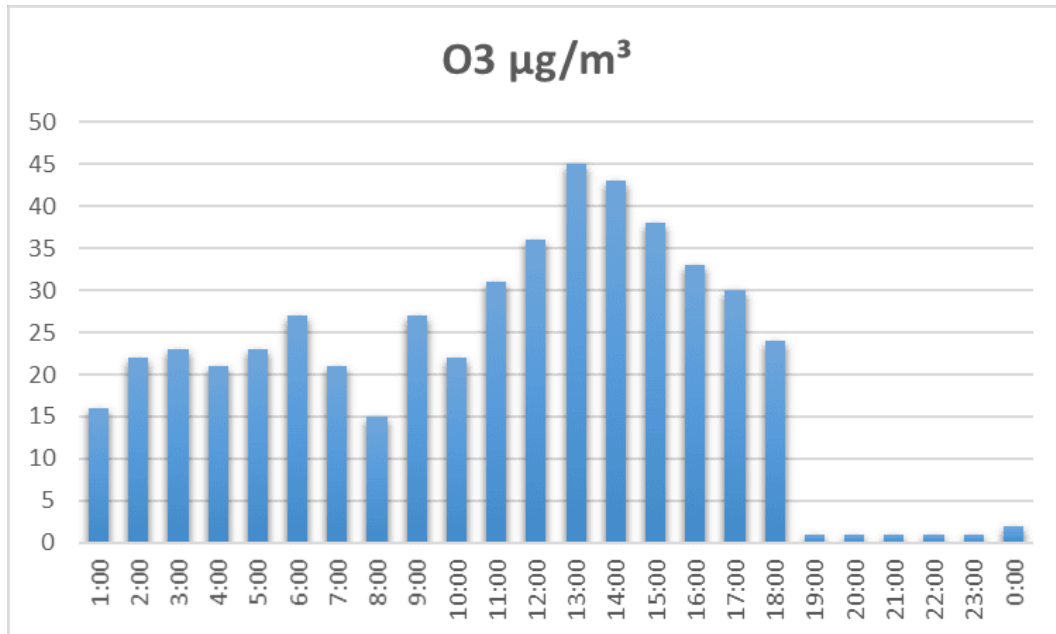


Fig. 15. Comportamiento del O₃ según distribución horaria, 2019.

Fuente: Estación Juan Carlos I, Comunidad de Madrid.

Según la legislación española en materia de calidad de aire, el valor límite de este contaminante se contempla aquí:

UMBRAL DE INFORMACIÓN 180 µg/m³ (Como valor medio de 1 hora)	UMBRAL DE ALERTA 240 µg/m³ (Como valor medio de 1 hora)	VALOR OBJETIVO AÑO 2010-2012 para la protección de la salud humana: 120 µg/m³ (media octohoraria máxima en un día) Que no podrá superarse más de 25 días por año de promedio en un periodo de 3 años (2010-2012)
---	--	---

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono (CO) es un contaminante primario indicador del tráfico rodado. Es un gas incoloro, inodoro e insípido que puede afectar a la salud por su capacidad de combinarse con la hemoglobina de la sangre, reduciendo la capacidad de ésta para transportar oxígeno. Su presencia se ha reducido de manera continua en los últimos años debido a las mejoras en respeto al medio ambiente introducidas en los vehículos de motor, que son los principales emisores de este contaminante.

Según la legislación española en materia de calidad de aire, el valor límite de este contaminante se contempla aquí:

VALOR LÍMITE OCTOHORARIO
para la protección de la salud humana: 10 mg/m³ media octohoraria máxima en un día

Compuestos volátiles (COVs) – Benceno (C₆H₆) y hexano (C₆H₁₄)

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura.

Un ejemplo de ellos es el hexano, una sustancia química elaborada a partir del petróleo. El n-hexano puro es un líquido incoloro con un olor ligeramente desagradable. Se evapora fácilmente en el aire y se disuelve muy poco en el agua. El n-hexano es altamente inflamable y sus vapores pueden ser explosivos.

El hexano se utiliza principalmente en la industria, donde se mezcla con sustancias químicas similares en productos conocidos como solventes. El principal uso de los solventes que contienen n-hexano es la extracción de aceites vegetales de cosechas, como en el caso de los granos de soja. También se utilizan como productos de limpieza en las industrias de la imprenta, los textiles, los muebles y el calzado. Algunos tipos de pegamentos utilizados en las obras de techado y en las industrias del calzado y del cuero también contienen n-hexano.

El n-hexano es uno de los pocos alcanos tóxicos. El efecto fisiológico no se debe a la misma sustancia sino a los productos de su metabolización, especialmente la 2,5-hexadiona. Este compuesto reacciona con algunas aminas esenciales para el funcionamiento de las células nerviosas, por lo que es neurotóxico. Además, posee un potencial adictivo y es peligroso.

Por otro lado, el benceno (C₆H₆) es el COV más importante en la Comunidad de Madrid, un compuesto orgánico resultado de la combustión incompleta de compuestos orgánicos no volátiles y por evaporación de ciertos combustibles. Los principales focos de emisión son: el tráfico rodado, el refino, almacenamiento y distribución de productos petrolíferos, la evaporación de disolventes orgánicos y los residuos. Este gas puede ocasionar efectos negativos sobre la salud a todas las vías de exposición, clasificándose como cancerígeno.

Los valores de inmisión según la distribución horaria del Benceno son:

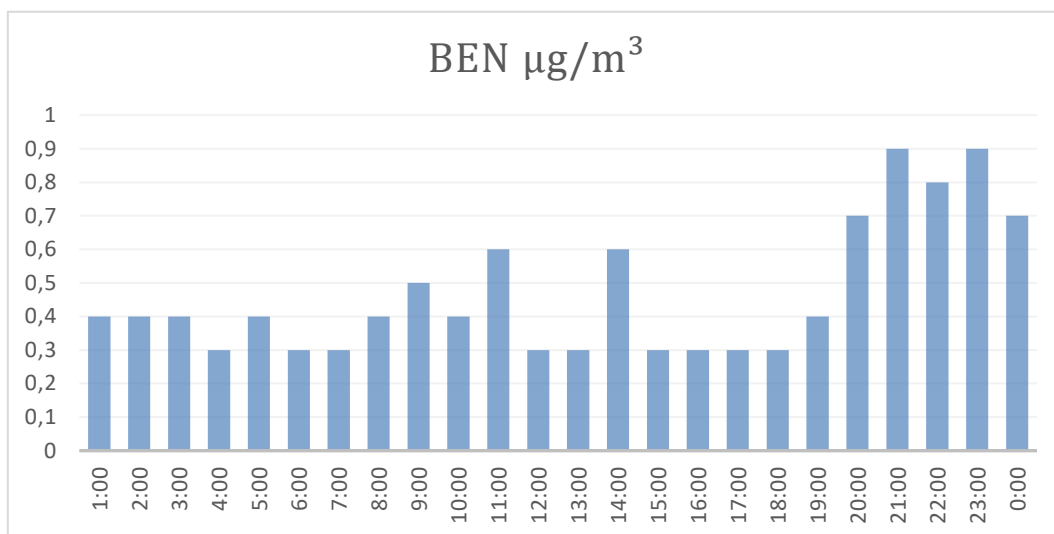


Fig. 16. Comportamiento del Benceno según distribución horaria, 2019.

Fuente: Estación Urbanización Barajas, Comunidad de Madrid.

Según la legislación española en materia de calidad de aire, el valor límite de este contaminante se contempla aquí:

VALOR LÍMITE ANUAL
para la protección de la salud humana: 5 µg/m³

4.3.4. Evolución histórica de los contaminantes (2013 – 2020)

Para obtener una evolución, se ha estudiado, priorizando los datos de la siguiente forma, en criterio de cercanía y similitud a la zona de estudio:

Juan Carlos I > Sanchinarro > Barajas Urbanización

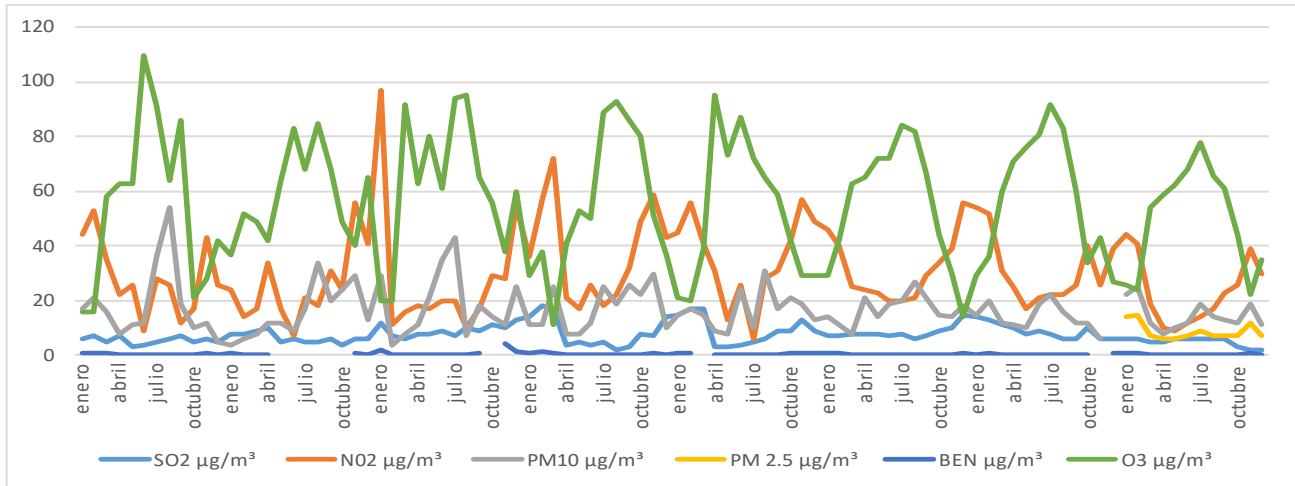


Fig. 17. Evolución de la inmisión de los principales contaminantes desde 2013 a 2020 para la zona de estudio.

Fuente: Red de Calidad del Aire, Comunidad de Madrid.

Como se aprecia en la figura anterior, existen patrones apreciables para la concentración de contaminantes atmosféricos a lo largo del tiempo, el más evidente siendo el comportamiento de NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} y benceno durante los meses de invierno, en los que se dan picos de concentración. Esto también ocurre, a menores concentraciones, en el caso del SO₂, pudiendo ser explicada esta tendencia por el uso de calderas de manera frecuente durante esta época. Por otro lado, las concentraciones pico de ozono troposférico parecen distribuirse más homogéneamente a lo largo del año, con cierta tendencia a darse de manera más frecuente en los meses de invierno y verano.

Así mismo, se puede observar que en general las emisiones han disminuido en los últimos años debido a la legislación y objetivos en materia ambiental propuestos por la Administración, por ejemplo:

	Reducción de las emisiones de NH ₃ en comparación con 2005		Reducción de las emisiones de PM _{2,5} en comparación con 2005	
	Para cualquier año entre 2020 y 2029	Para cualquier año a partir de 2030	Para cualquier año entre 2020 y 2029	Para cualquier año a partir de 2030
España	3 %	16 %	15 %	50 %

	Reducción de las emisiones de SO ₂ en comparación con 2005		Reducción de las emisiones de NO _x en comparación con 2005		Reducción de las emisiones de COVNM en comparación con 2005	
	Para cualquier año entre 2020 y 2029	Para cualquier año a partir de 2030	Para cualquier año entre 2020 y 2029	Para cualquier año a partir de 2030	Para cualquier año entre 2020 y 2029	Para cualquier año a partir de 2030
España	67 %	88 %	41 %	62 %	22 %	39 %

Fig. 18. Compromiso nacional de reducción de emisiones según el Real Decreto 818/2018, del 6 de julio. Fuente: BOE.

5. SITUACIÓN PREOPERACIONAL (AÑO 2019)

El presente estudio de Calidad el Aire elabora un análisis de la situación atmosférica en la zona de estudio para el año 2019, previo a la construcción del Hospital Isabel Zendal y de la Ciudad de la Justicia.

La metodología a utilizar seguirá este orden:

1. Estudio de los niveles de inmisión de cada contaminante para la zona de estudio, a partir de los siguientes datos disponibles:
 - Información de las Estaciones Fijas más próximas a la zona de estudio.
 - Información de las Campañas de las Unidades Móviles para 2018-2019 en Valdebebas.
 - Información de REDAIR, la red propia de análisis de la Calidad del Aire de AENA, para analizar la afección del aeropuerto de Barajas a la zona de estudio.

Por último, se extraerán unas conclusiones finales para cada contaminante.

2. Estudio analítico del origen de los contaminantes principales a partir de parámetros urbanísticos y de usos de suelo, específico para la zona de estudio, a partir de:
 - Datos reales provenientes del Estudio de Tráfico y Movilidad realizado por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid.
 - Factores de emisión actualizados y aplicables para la zona de estudio.
 - Metodología basada en factores de emisión (COPERT versión 5.5).
 - Distribución poblacional por vivienda en su versión más actualizada (Instituto Nacional de Estadística).
 - Planeamiento Urbanístico vigente para la zona de Valdebebas, en concreto, APE.16.11-RP CIUDAD AEROPORTUARIA Y PARQUE DE VALDEBEBAS, con expediente: Revisión Parcial del PGOUM-85 y Modificación del PGOUM-97 (RPPG.00.301).

5.1. ESTUDIO DE INMISIÓN DE CONTAMINANTE A PARTIR DE TOMA DE DATOS

5.1.1. Óxidos de Nitrógeno (NOx)

A continuación, se muestran los resultados de inmisión mensual de este contaminante según la estación fija más próxima a la zona de estudio:

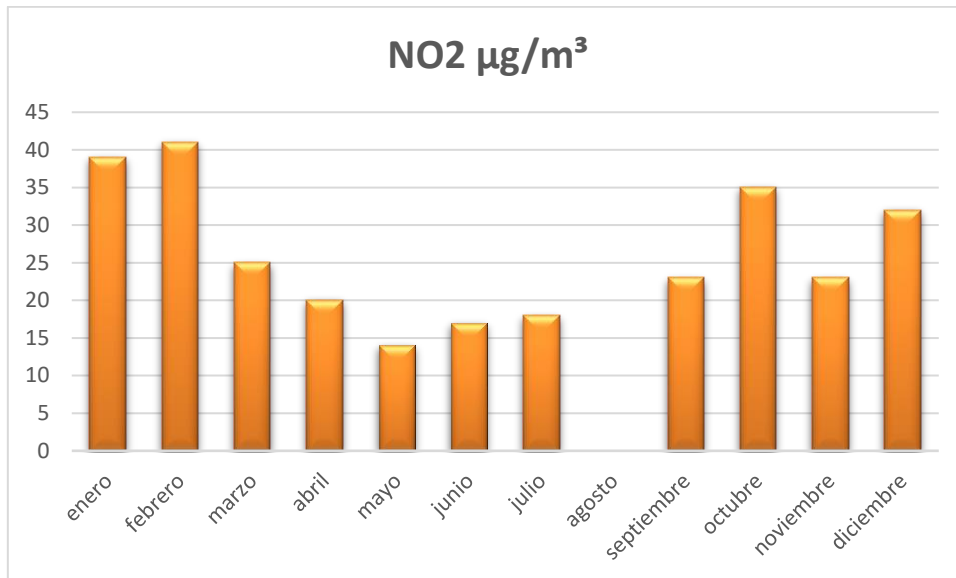


Fig. 19. Comportamiento del NO2 según distribución mensual, 2019.

Fuente: Estación Juan Carlos I, Comunidad de Madrid.

A continuación, se muestran los resultados de las Campañas de recogida de datos de las Unidades Móviles:

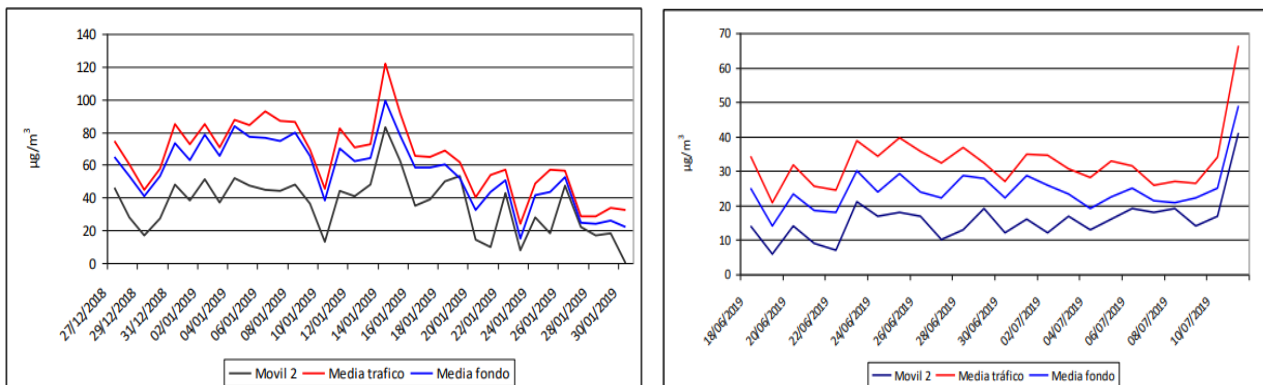


Fig. 20. A la izquierda, la concentración de NO2 en invierno. A la derecha, la concentración en verano (2019).

Fuente: Informe del Servicio de Calidad de Aire de la Comunidad de Madrid

Por lo tanto, se registran las siguientes superaciones de umbral en 2019:

SANCHINARRO			
SUPERACION VALOR LÍMITE ANUAL NOx (40 µg/m3)			SUPERACIÓN VALOR LÍMITE HORARIO (200 µg/m3)
AÑO	MES	VALOR MEDIO(µg/m3)	Nº veces
2019	ENERO	54	4
2019	FEBRERO	52	-

JUAN CARLOS I		
SUPERACION VALOR LÍMITE ANUAL NOx (40 µg/m3)		
AÑO	MES	VALOR MEDIO(µg/m3)
2019	FEBRERO	41

Además, se dispone de información de calidad del aire proveniente del portal de AENA para el Aeropuerto de Madrid-Barajas, que se encuentra a 3,5 Km de la zona de estudio. En concreto, para el NO₂ se registran los siguientes valores:

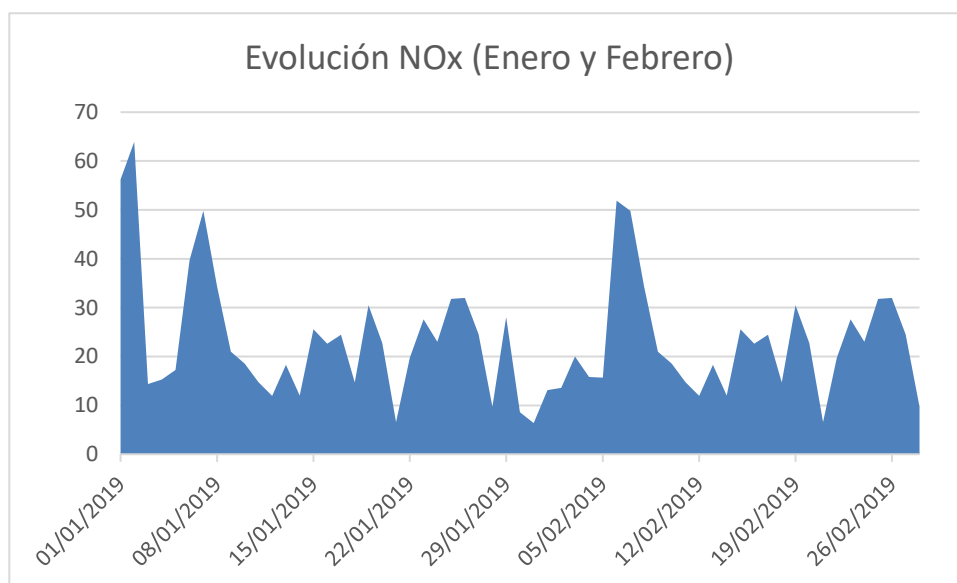


Fig. 21. Concentración de NO₂ para verano en el aeropuerto de Madrid-Barajas en 2019.
Fuente: Estación REDAIR 1 AENA.

Como conclusiones se extrae que el dióxido de nitrógeno es un contaminante dependiente de la combustión móvil y cuyo comportamiento es muy variable, puesto que el límite anual es de 40 µg/m³ pero puede llegar a los 200 diarios, cuya inmisión:

- Disminuye en los meses de verano, por lo que no se ha registrado ninguna superación en junio-julio, ni por parte de las campañas móviles ni por parte de las estaciones fijas de Madrid.
- Aumenta en los meses invernales, por lo que, a pesar de que las campañas móviles no han alcanzado el valor límite anual, sí lo han hecho las estaciones de Sanchinarro y Juan Carlos I en los meses de enero y febrero. Además, según el informe móvil se han registrado dos episodios de contaminación por dióxido de nitrógeno en enero, donde se han registrado niveles por encima del valor límite horario (200 µg/m³).
- AENA también registra altos niveles de contaminante en invierno, por lo que podría atribuírsele parte de responsabilidad, pero es difícil discernir cuánta corresponde al aeropuerto y cuánta a los episodios de contaminación.

5.1.2. Partículas en Suspensión (PM_x)

A continuación, se muestran los resultados de inmisión mensual del PM₁₀ según la estación fija más próxima a la zona de estudio:

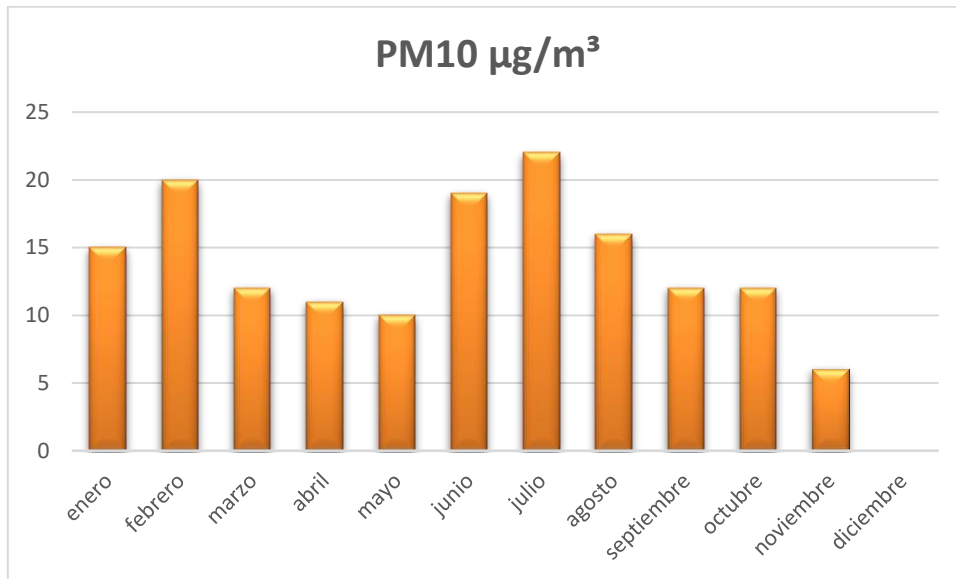


Fig. 22. Comportamiento de PM10 según distribución mensual, 2019.
Fuente: Estación Sanchinarro, Comunidad de Madrid.

Por otro lado, los datos de inmisión de PM2,5 más cercanos a la zona de estudio comenzaron a tomarse en 2020 para Sanchinarro, por lo que pueden interferir algunos condicionantes asociados a la pandemia:

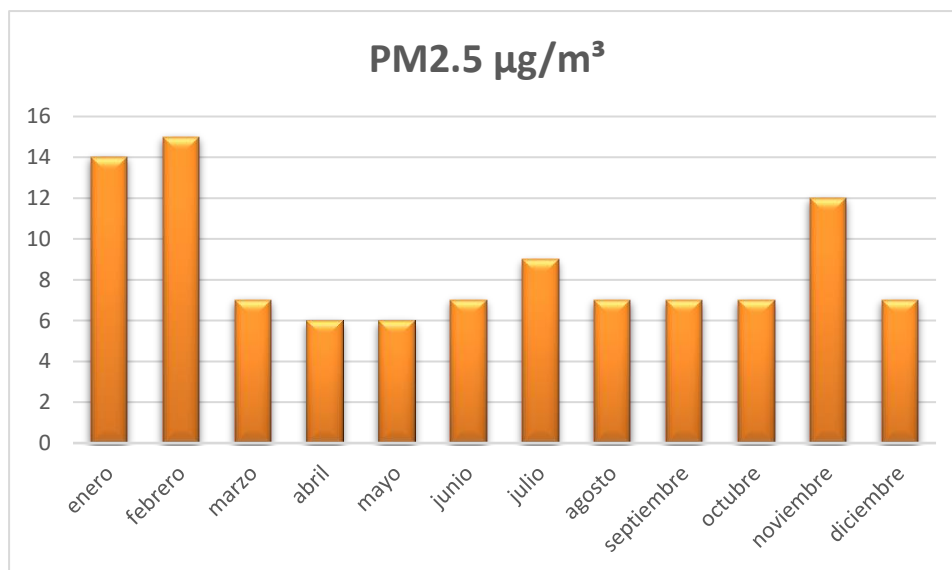


Fig. 23. Comportamiento de PM2,5 según distribución mensual, 2020.
Fuente: Estación Sanchinarro, Comunidad de Madrid

A continuación, se muestran los resultados de las Campañas de recogida de datos de las Unidades Móviles:

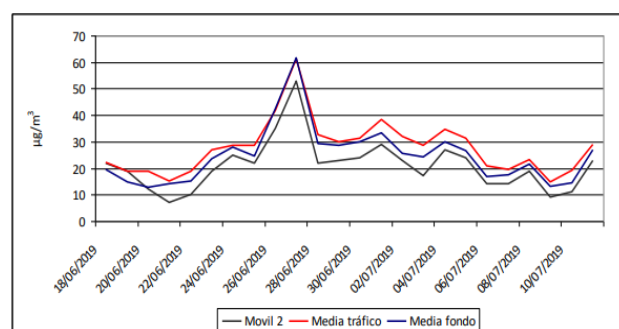
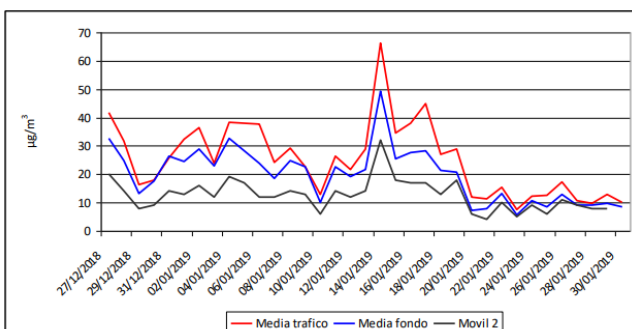


Fig. 24. A la izquierda, la concentración de PM10 en invierno. A la derecha, la concentración en verano (2019).
Fuente: Informe del Servicio de Calidad de Aire de la Comunidad de Madrid

Además, se dispone de información de calidad del aire proveniente del portal de AENA para el Aeropuerto de Madrid-Barajas, que se encuentra a 3,5 Km de la zona de estudio. En concreto, para los PMx se registran los siguientes valores:

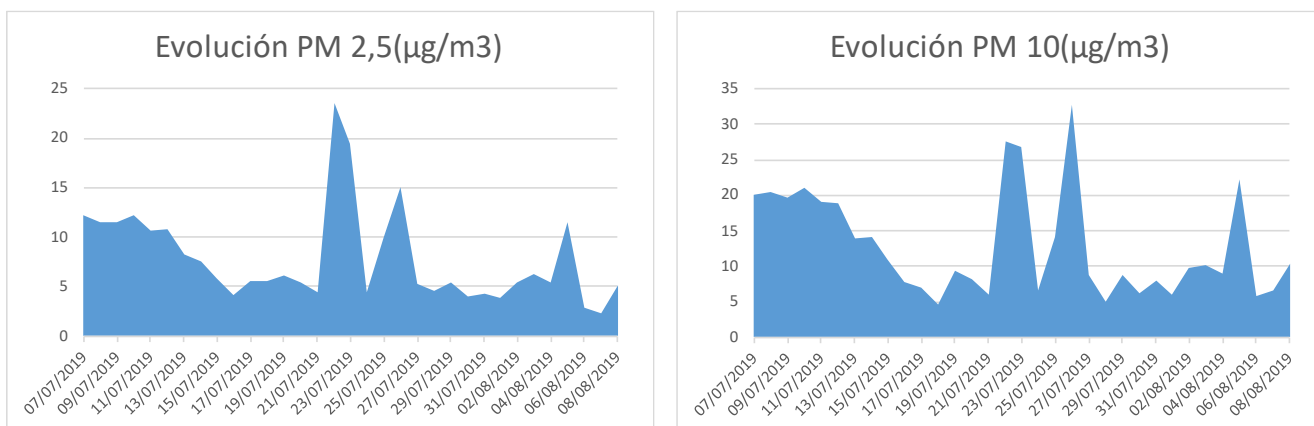


Fig. 25. Concentración de PMx para verano en el aeropuerto de Madrid-Barajas en 2019. Fuente: Estación REDAIR 1 AENA.

Por lo tanto, se registran las siguientes superaciones de umbral:

ESTACIÓN: 28079057 - SANCHINARRO				
PM 10				
AÑO	MES	Nº SUPERACIONES	INTERVALO DE TIEMPO	INTERVALO DE VALORES (µg/m3)
2013	JULIO	2	1:00H-2:00H	57-60
2015	JULIO	4	2:00H, 23:00H-24:00H	53-89
2016	JULIO	6	9:00H-13:00H, 18:00H-19:00H	50-56
2018	JULIO	2	00:00H-02:00H	52-77
2019	JULIO	1	23:00H	78
2020	JULIO	6	17:00H-22:00H	50-74
PM 2,5				
Sin superaciones desde que se comenzó a medir (2020)				

Como conclusiones se extrae que las partículas PMx son un contaminante dependiente del tráfico (se desprende principalmente de la combustión del diesel) y de los fenómenos naturales (intrusiones saharianas, vientos...) cuyo límite anual es de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite diario de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Su inmisión disminuye con la pluviometría de los meses más lluviosos, ya que se produce su deposición. De esta forma:

- Disminuye en los meses más lluviosos. Además, no se han registrado superaciones en los meses de invierno ni por parte de las campañas móviles ni por parte de las estaciones cercanas.
- Aumenta en los meses secos, especialmente en verano, por lo que se registran superaciones tanto en las campañas móviles de junio como en la estación de Sanchinarro durante la mayoría de años en los que se tiene registro, siempre durante el mes de junio.
- AENA también registra niveles altos niveles de PMx en verano (aunque en ningún caso superaciones de los límites), en los mismos días en los que los registraron las Campañas móviles, por lo que se presupone un escenario de contaminación no localizado específicamente en el aeropuerto.

5.1.3. Dióxidos de azufre (SO₂)

A continuación, se muestran los resultados de inmisión mensual de este contaminante según la estación fija más próxima a la zona de estudio:

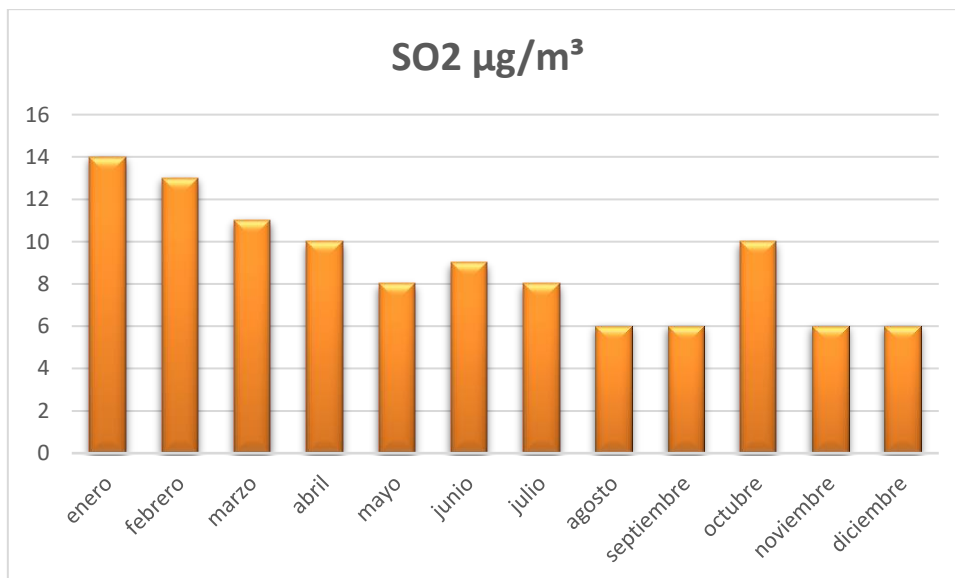


Fig. 26. Comportamiento del SO₂ según distribución mensual, 2019.
Fuente: Estación Sanchinarro Comunidad de Madrid.

Además, se dispone de información de calidad del aire proveniente del portal de AENA para el Aeropuerto de Madrid-Barajas, que se encuentra a 3,5 Km de la zona de estudio.

En concreto, para los SO₂ se registran los siguientes valores:

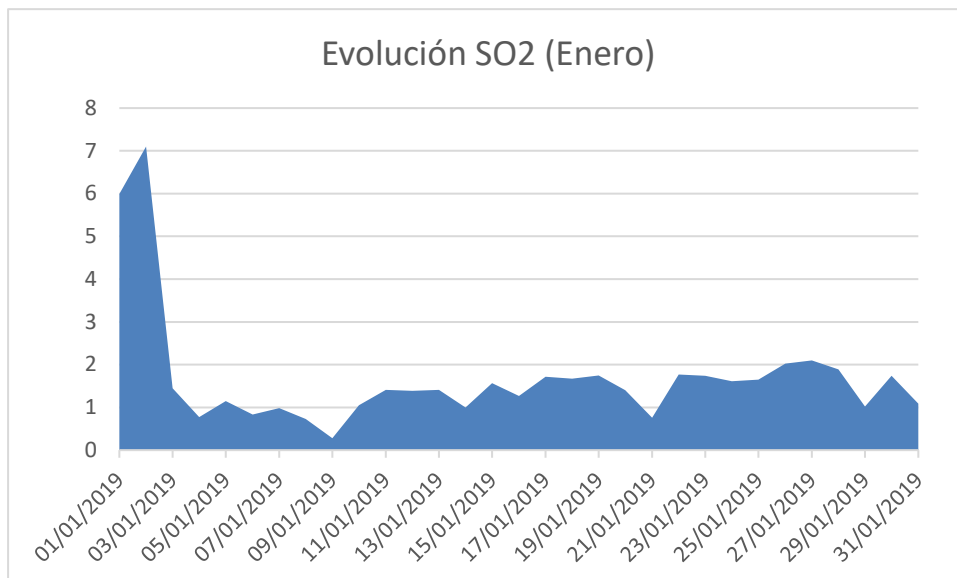


Fig. 27. Concentración de SO₂ para verano en el aeropuerto de Madrid-Barajas en 2019.
Fuente: Estación REDAIR 1 AENA.

El umbral de alerta no ha sido superado nunca en la Comunidad de Madrid.

5.1.4. Ozono troposférico (O₃)

A continuación, se muestran los resultados de inmisión mensual de este contaminante según la estación fija más próxima a la zona de estudio:

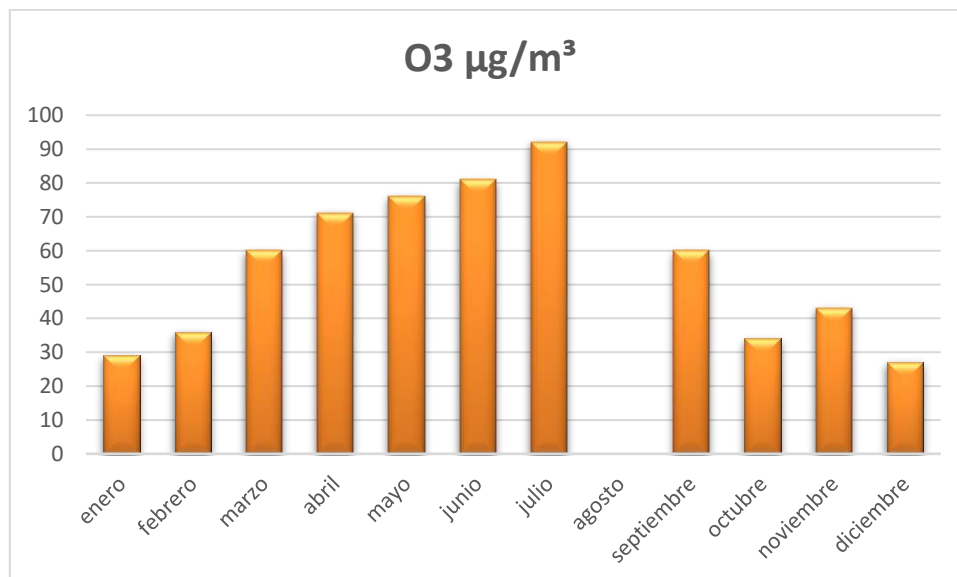


Fig. 28. Comportamiento del O₃ según distribución mensual, 2019.
Fuente: Estación Juan Carlos I, Comunidad de Madrid.

A continuación, se muestran los resultados de las Campañas de recogida de datos de las Unidades Móviles:

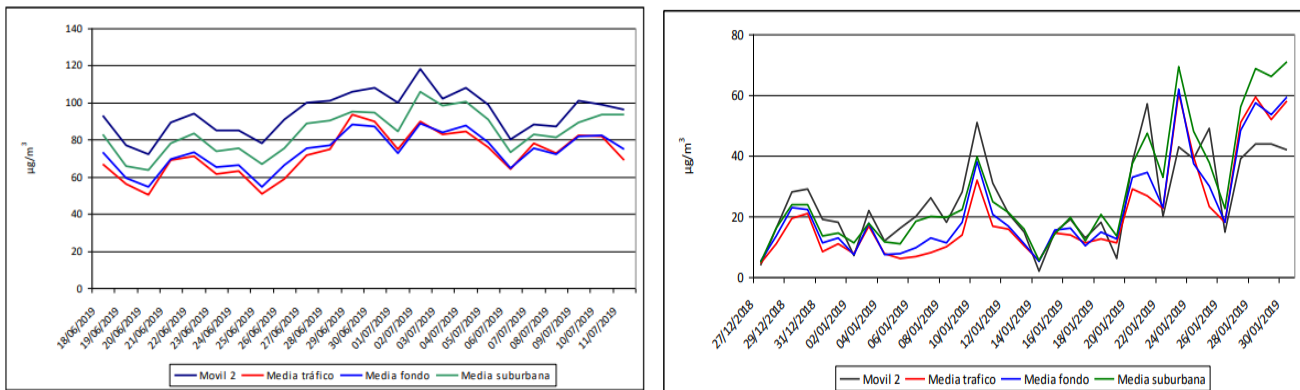


Fig. 29. A la izquierda, la concentración de O₃ en invierno. A la derecha, la concentración en verano (2019).
Fuente: Informe del Servicio de Calidad de Aire de la Comunidad de Madrid

Además, se dispone de información de calidad del aire proveniente del portal de AENA para el Aeropuerto de Madrid-Barajas, que se encuentra a 3,5 Km de la zona de estudio. En concreto, para el ozono se registran los siguientes valores:

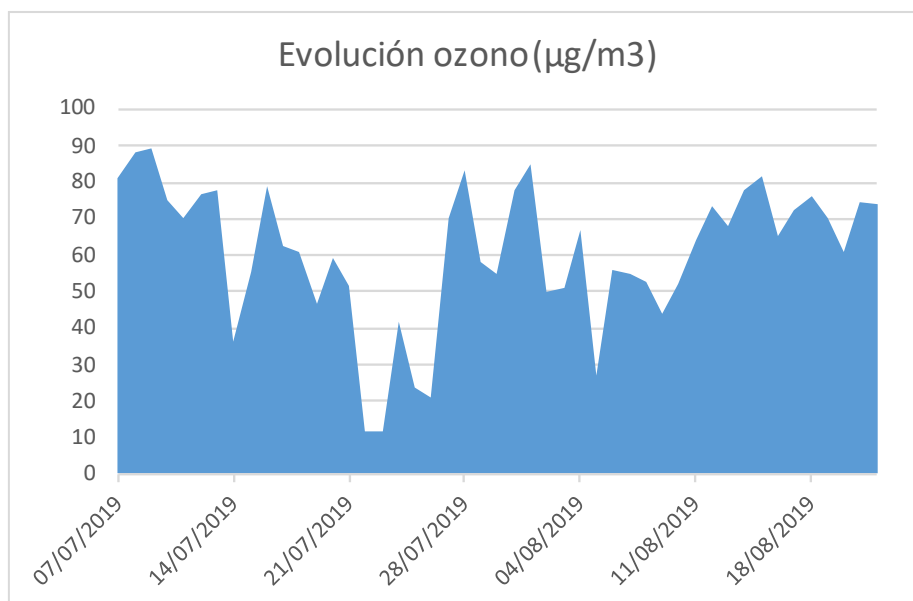


Fig. 30. Concentración de ozono para verano en el aeropuerto de Madrid-Barajas en 2019.
Fuente: Estación REDAIR 1 AENA.

Por lo tanto, se registran las siguientes superaciones de umbral, primero en las estaciones cercanas y después en la Campaña móvil:

ESTACIÓN: 28006004 - ALCOBENDAS				
OZONO				
AÑO	MES	Nº SUPERACIONES	INTERVALO DE TIEMPO	INTERVALO DE VALORES (µg/m3)
2010	JULIO	1	18:00H	181
2012	JULIO	1	/	183
2013	JULIO	2	16:00-17:00H	182-187

2015	JUNIO	2	13:00H	181-185
2015	JULIO	22	16:00H-20:00H	181-214
2016	JULIO	4	17:00H-19:00H	181-183
2018	JUNIO	1	16:00H	182
2018	AGOSTO	2	18:00H-19:00H	184-186
2019	JULIO	6	14:00H-17:00H	182-199

Se han registrado las siguientes superaciones del valor objetivo de ozono ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a lo largo de la campaña:

Estación	Num. de días
Escuelas Aguirre	2
Villaverde	3
Farolillo	7
Casa de Campo	7
Barajas Pueblo	7
Barrio del Pilar	6
Retiro	5
Ensanche de Vallecas	6
El Pardo	9
Juan Carlos I	8
Tres Olivos	9
Movil 2	14

y del umbral de información ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$):

Estación	Num. de horas
Movil 2	3

Como conclusiones se extrae que el ozono es un contaminante dependiente de las partículas que se desprenden con el tráfico y la combustión doméstica, como el NO_x y los COVs, y que se origina en presencia de altas temperaturas. Por ello, y teniendo el umbral de información en $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se comporta de la siguiente forma:

- Disminuye en los meses de invierno, obteniéndose valores normales para la época, por lo que no se ha registrado ninguna superación, ni por parte de las campañas móviles ni por parte de las estaciones fijas de Madrid.
- Aumenta en los meses calurosos de verano, por lo que se registran superaciones tanto en las campañas móviles de junio como en la estación de Juan Carlos I.
- AENA no registra niveles preocupantes de ozono durante los meses más cálidos.

5.1.5. Monóxido de carbono (CO)

No existen Estaciones Fijas de referencia que se encuentren cerca de la zona de Estudio y midan la inmisión de CO, por lo que los únicos datos con los que se cuentan, son con los proporcionados por las Unidades Móviles.

Estos son:

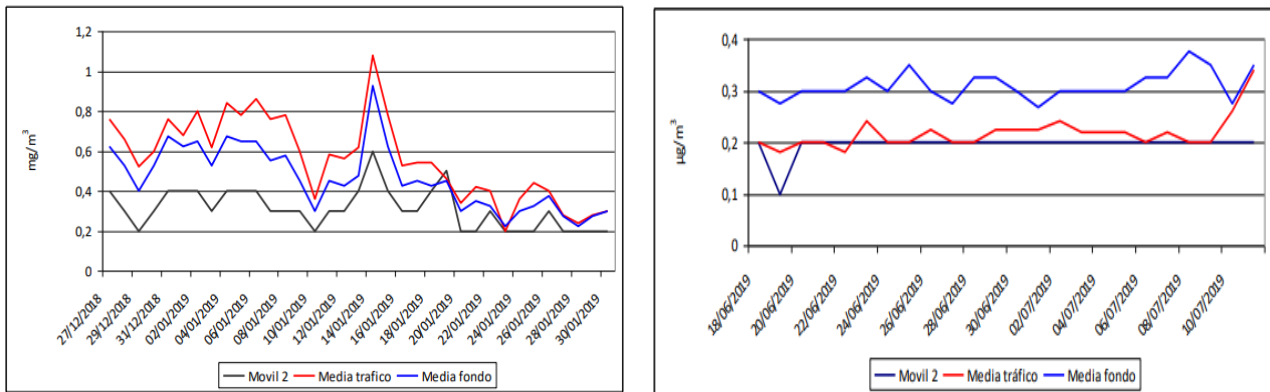


Fig. 31. A la izquierda, la concentración de CO en invierno. A la derecha, la concentración en verano (2019).
Fuente: Informe del Servicio de Calidad de Aire de la Comunidad de Madrid

Sin embargo, sí se dispone de información de calidad del aire proveniente del portal de AENA para el Aeropuerto de Madrid-Barajas, que se encuentra a 3,5 Km de la zona de estudio. En concreto, para el CO se registran los siguientes valores:

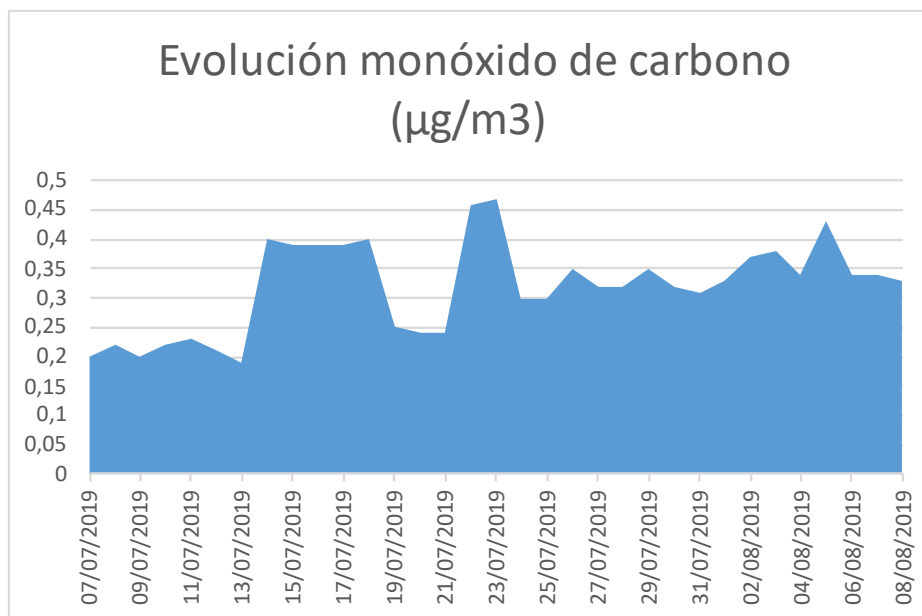


Fig. 32. Concentración de CO para verano en el aeropuerto de Madrid-Barajas en 2019.
Fuente: Estación REDAIR 1 AENA.

Teniendo en cuenta que el umbral de superación es de 10 µg/m³, no se han registrado superaciones ni acercamientos al límite por parte de AENA, unidades móviles o estaciones de referencia.

5.1.6. Compuestos volátiles (COVs) – Benceno (C₆H₆) y Hexano

A continuación, se muestran los resultados de inmisión mensual de este contaminante según la estación fija más próxima a la zona de estudio:

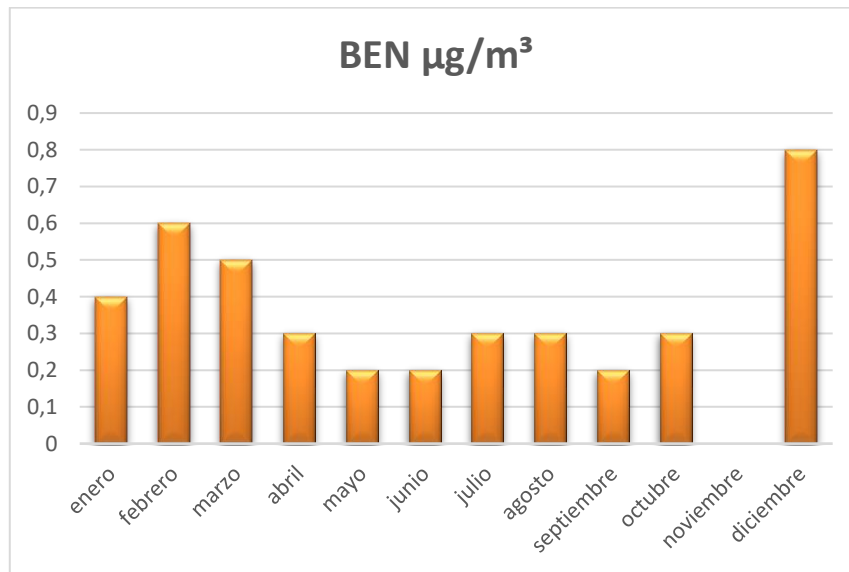


Fig. 33. Comportamiento del Benceno según distribución mensual, 2019.
Fuente: Estación Urbanización Barajas, Comunidad de Madrid.

A continuación, se muestran los resultados de las Campañas de recogida de datos de las Unidades Móviles:

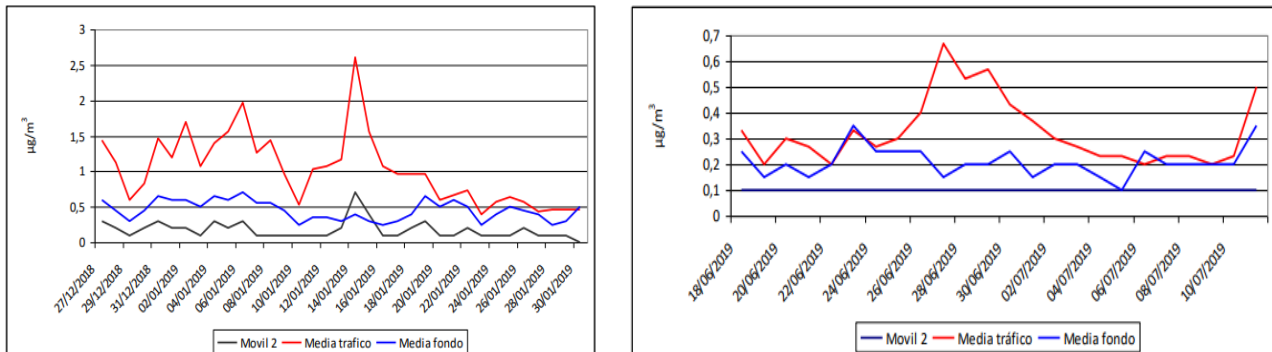


Fig. 34. A la izquierda, la concentración de benceno en invierno. A la derecha, la concentración en verano (2019).
Fuente: Informe del Servicio de Calidad de Aire de la Comunidad de Madrid

Sin embargo, sí se dispone de información de calidad del aire proveniente del portal de AENA para el Aeropuerto de Madrid-Barajas, que se encuentra a 3,5 Km de la zona de estudio.

En concreto, para el hexano:

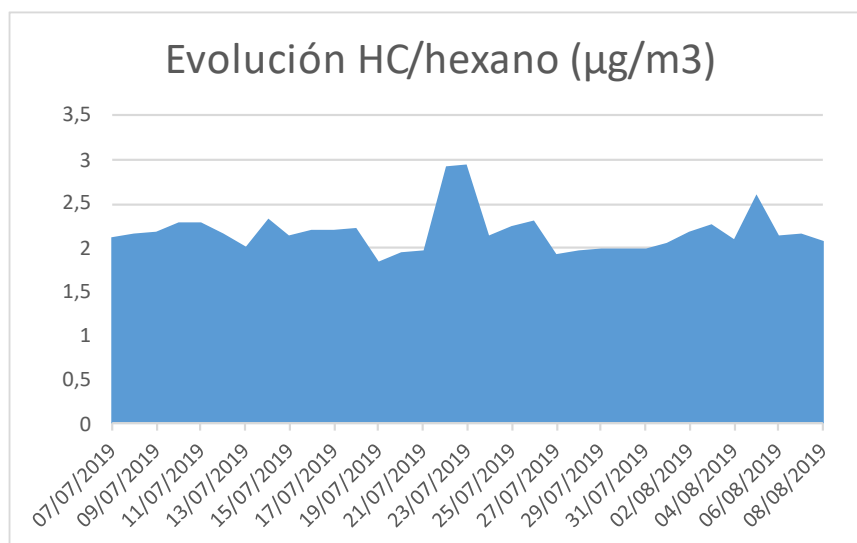


Fig. 35. Concentración de hexano para verano en el aeropuerto de Madrid-Barajas en 2019.
Fuente: Estación REDAIR 1 AENA.

Nunca se ha superado el valor límite para el benceno ni para el hexano en la Comunidad de Madrid.

5.1.7. CONCLUSIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN 2019 PARA VALDEBEBAS

Como exposición de conclusiones finales, se toman como modelo principal los resultados de las Campañas móviles por diversas razones:

- Por ser las más cercanas y representativas de la zona de estudio.
- Por analizar los contaminantes más importantes (excluye el SO₂) en las estaciones del año más críticas (invierno y verano).
- Por efectuar comparativas con la media de las estaciones de fondo, tráfico y suburbanas.
- Por provenir de una fuente fiable y actualizada para el escenario preoperacional (2019).

INVIERNO 2018/2019 (DICIEMBRE-ENERO)

PARÁMETRO	VALOR MEDIO MÓVIL 2	VALOR MEDIO	VALOR MÁXIMO	Umbral	
				Diario/horario	Anual
NO ₂ (µg/m ³)	37	56 / 65	68 / 79	200	40
CO (mg/m ³)	0.3	0.5 / 0.6	0.7 / 0.7	10	-
PM10 (µg/m ³)	13	20 / 25	25 / 31	50	40
O ₃ (µg/m ³)	25	23 / 21 / 28	23 / 22 / 29	120 - 180	-
BEN (µg/m ³)	0.2	0.5 / 1.1	0.5 / 1.3	-	5

VERANO 2019 (JUNIO-JULIO)

PARÁMETRO	VALOR MEDIO MÓVIL 2	VALOR MEDIO	VALOR MÁXIMO	Umbral	
				Diario/horario	Anual
NO ₂ (µg/m ³)	16	25 / 33	34 / 45	200	40
CO (mg/m ³)	0,2	0,3 / 0,2	0,6 / 0,3	10	-
PM ₁₀ (µg/m ³)	21	25 / 28	36 / 31	50	40
O ₃ (µg/m ³)	94	74 / 72 / 84	89 / 79 / 85	120 - 180	-
BEN (µg/m ³)	0,1	0,2 / 0,3	0,2 / 0,4	-	5

Donde:

	Estaciones de Fondo
	Estaciones de Tráfico
	Estaciones suburbanas

*El índice de calidad del aire ha sido el siguiente durante la presenta campaña:

Día	JUNIO											JULIO											
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de calidad del aire	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

CALIDAD DEL AIRE	Índice de Calidad del Aire(µg/m ³)				
	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Contaminantes					
Partículas PM2.5	0-10	11-20	21-25	26-50	51-800
Partículas PM10	0-20	21-35	36-50	51-100	101-1200
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	0-40	41-100	101-200	201-400	401-1000
Ozono (O ₃)	0-80	81-120	121-180	181-240	241-600
Dióxido de Azufre (SO ₂)	0-100	101-200	201-350	351-500	501-1250

Fig. 36. Resumen de las Campañas de 2019 tomada por las Unidades Móviles.
Fuente: Informe del Servicio de Calidad de Aire de la Comunidad de Madrid

Una vez llegados a este punto, resumimos las siguientes conclusiones:

- Los contaminantes más problemáticos de la Comunidad de Madrid son las **partículas PMx, junto con los NOx y el ozono troposférico** que depende de él.
- La época más problemática en la Comunidad de Madrid es **invierno (enero)** para el NOx, pues tiene superaciones del umbral horario y anual.
- La época más problemática en la Comunidad de Madrid es **verano (junio)** para el ozono y eventualmente para las PMx, pues tienen superaciones de los valores límites de información, umbral diario y anual.
- El aeropuerto no contribuye demasiado a caracterizar una situación diferente en contaminación atmosférica.

Por tanto, se puede concluir que la calidad atmosférica del aire es en general, APTA para el desarrollo de actividades compatibles con la Ordenación Urbanística, prestando atención al tráfico rodado en estos meses.

5.2. ESTUDIO DEL ORIGEN DE EMISIONES A PARTIR DE LA ORDENACIÓN URBANÍSTICA

Para analizar las emisiones de la zona de estudio, no solo se tendrán en cuenta los gases contaminantes estudiados hasta ahora, sino que también deben incluirse los gases de efecto invernadero (en adelante GEIs) más comunes en el entorno urbano. Estos gases no tienen por qué tener una naturaleza tóxica o dañina para salud directa de las personas y el medio ambiente, sino que tienen un poder calorífico importante para la promoción del cambio climático. Algunos de estos GEIs no tienen una medición directa por parte de las estaciones y la toma de datos de las campañas, pero pueden calcularse a partir de los parámetros de actividad contaminantes y los factores de emisión asociados.

Los principales GEIs que se van a incluir en el recuento atmosférico son:

- Dióxido de Carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Ozono (O₃)

Para poder encontrar un marco físico común para el estudio de los contaminantes, se utilizará la siguiente zona de acotación, propuesta por el Estudio de Tráfico y Movilidad del Consorcio Regional de Transportes de Madrid:

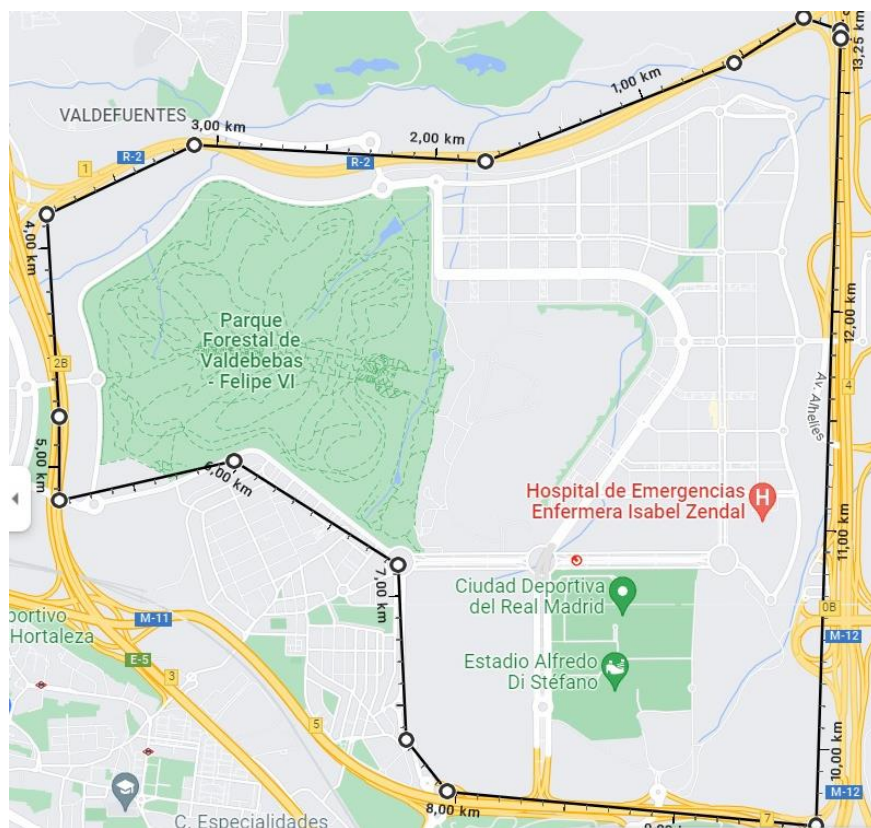


Fig. 37. Perímetro de la zona de estudio (Distrito de Valdebebas) . Fuente: Google Maps (2022)

Una vez determinados los usos de suelo dentro de la nueva de estudio (a través de los visores y mapas de Ordenación Territorial provistos por la Comunidad de Madrid para 2019), se determina que la totalidad de suelo edificado/edificable se encuentra en la zona norte de las parcelas de estudio (6 y 7 del APE.16.11). Mediante las ortofotos satelitales de 2019 como la que se adjunta a continuación, puede observarse el volumen de parcelas construidas en el escenario preoperacional:



Fig. 38. Ortofoto Valdebebas, 2019. Fuente: Comunidad de Madrid.

Teniendo en cuenta la caracterización de la zona de estudio para 2019, podemos clasificar las emisiones en tres tipos:

5.2.1. Emisiones derivadas del transporte por carretera

Debido a su cercanía con el Aeropuerto de Barajas, existe una gran presencia de infraestructuras dedicadas al transporte, tanto ferroviario, aéreo y rodado, donde destacan:

- Carretera M-12
- Carretera M-11
- Carretera M-40

- Las líneas C1 y C10 de Renfe.

Para el cálculo de emisiones procedentes del transporte, se ha considerado la siguiente ecuación:

$$\text{Km de viaje} \times \text{Nº de viajes} \times \text{Factor de emisión asociado a tipo de vehículo}$$

Según la GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) de la Oficina Catalana del Canvi Climàtic, los factores de emisión son:

TURISMOS DE PASAJEROS:

- Gasolina 95 o 98: 2,38 kg de CO₂/litro
- Diésel: 2,61 kg de CO₂/litro

TRANSPORTE DE PASAJEROS:

- Gasolina 95 o 98: 2,38 kg de CO₂/litro
- Diésel: 2,61 kg de CO₂/litro

MOTOCICLETAS:

- Gasolina: 2,38 kg de CO₂/litro

El resto de los factores de emisión se han calculado mediante la aplicación COPERT (Versión 5.5), basada en la metodología EMEP/CORINAIR.

El modelo que plantea el programa COPERT 5.5 diferencia tres tipos de vías: urbanas, carreteras y autopistas. Este considera las emisiones generadas en caliente (temperatura del agua de refrigeración >70°C), frío (temperatura del agua de refrigeración <70°C), y evaporativas (Procedentes de la evaporación de combustibles).

Para el cálculo de los factores de emisión se emplean diferentes fórmulas de cálculo en función de los tipos de vehículos existentes, se ha supuesto que todos los vehículos cumplen la Normativa EURO III, y se han tomado en consideración vehículos de acuerdo a los resultados del estudio de aforos de tráfico.

La intensidad media diaria ha sido obtenida a partir del cálculo del promedio de vehículos en todos los ramales que figuran en el informe de aforos direccionales:

FLOTA DE VEHÍCULOS			
LIGEROS		PESADOS	
8060 v/día		850 v/día	
TIPOLOGÍA	V/DÍA	TIPOLOGÍA	V/DÍA
TURISMO GASOLINA	2076	AUTBUSES	850
TURISMO DIESEL	4489		
VEHÍCULOS COMERCIALES GASOLINA	378		
VEHÍCULOS COMERCIALES DIESEL	862		
MOTOCICLETAS	257		

Por otro lado, se han calculado los kilómetros recorridos dentro del área de estudio teniendo en cuenta las matrices de viajes privados y públicos aportadas por el estudio de tráfico. Se han recogido datos conforme a los aforos de ramales y a las matrices de viajes en una franja horaria de un día laboral de 7:00 a 22:00, y se han elegido sólo los viajes que tienen como destino u origen la zona de estudio (HEEIZ, CJus-Int y Val):

Zona	HEEIZ	CJus-Int	Val	Bar	Hor	Alm	Per	Cor B	Cor C	TOTAL
HEEIZ	0	4	40	28	58	50	169	255	24	628
CJus-Int	2	0	26	24	51	46	152	223	23	547
Val	43	43	834	664	1.263	995	3.179	4.369	453	11.842
Bar	31	39	668	4.784	4.789	4.900	19.536	26.626	2.623	63.998
Hor	59	69	1.191	4.131	17.575	14.395	39.280	40.194	3.860	120.753
Alm	54	64	1.018	4.523	15.248	116.196	135.816	73.785	8.246	354.952
Per	167	193	2.973	17.088	39.174	125.142	469.544	436.989	30.201	1.121.469
Cor B	264	290	4.345	24.544	40.607	72.485	458.598	1.850.266	162.345	2.613.744
Cor C	29	34	517	2.590	4.194	8.805	34.128	173.398	314.498	538.192
TOTAL	649	736	11.611	58.376	122.960	343.014	1.160.403	2.606.104	522.272	4.826.125

Fig. 39. Matriz de viajes de transporte privado en la actualidad. Estudio de movilidad del Plan Especial del ámbito formado por el futuro intercambiador de Valdebebas, la Ciudad de la Justicia y el Hospital Isabel Zendal, 2022.

Zona	HEEIZ	CJus-Int	Val	Bar	Hor	Alm	Per	Cor B	Cor C	TOTAL
HEEIZ	0	4	52	29	72	98	181	52	5	493
CJus-Int	3	0	39	27	72	98	186	54	5	485
Val	53	54	951	481	1.126	1.746	2.685	861	94	8.051
Bar	31	38	482	6.112	5.008	10.459	20.914	5.978	570	49.593
Hor	72	82	1.087	4.707	23.745	35.218	45.958	10.137	1.009	122.014
Alm	81	94	1.377	8.725	32.007	502.488	361.058	174.303	13.878	1.094.010
Per	178	206	2.573	19.769	46.141	392.602	724.671	140.770	10.548	1.337.459
Cor B	52	59	854	5.836	10.203	192.113	141.989	460.455	35.584	847.145
Cor C	5	6	99	575	1.045	16.203	11.005	36.514	44.763	110.214
TOTAL	475	543	7.513	46.261	119.418	1.151.026	1.308.647	829.124	106.457	3.569.464

Fig. 40. Matriz de viajes de transporte público en la actualidad. Estudio de movilidad del Plan Especial del ámbito formado por el futuro intercambiador de Valdebebas, la Ciudad de la Justicia y el Hospital Isabel Zendal, 2022.

Junto con estos datos, se han supuesto las rutas más probables que tomarían los distintos vehículos dependiendo de su procedencia y las principales vías de entrada a la misma, partiendo de una de las cuatro entradas a la zona de estudio hasta el emplazamiento del Campus de la Justicia. También se ha tenido en cuenta los viajes dentro del propia área, comprendidos entre el Zendal y el Campus de la Justicia.

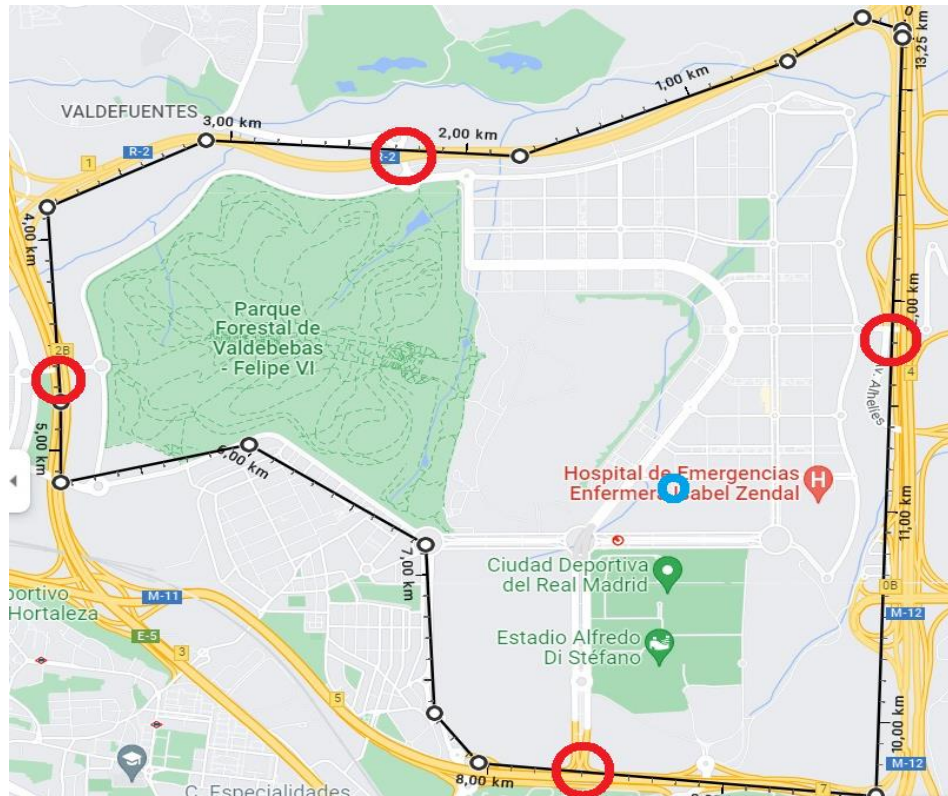


Fig. 41. Mapa de los inicios de rutas (en rojo) y la meta en el Campus de la Justicia (azul). Ruta Sanchinarro se corresponde con el círculo a la izquierda, Ruta Calle Ariadna al círculo de abajo, Ruta puente de la Concordia al de la derecha, Ruta Glorieta Ildefonso-Cerdá (que no tendrá representación). Google Maps, 2022.

De tal manera que se obtiene la siguiente tabla, en la que se recogen los kilómetros realizados en cada trayecto, que después se multiplicarán por el número de viajes atendiendo a su ruta y procedencia:

RUTAS DENTRO DE ZONA	RECORRIDO (KM)
RUTA SANCHINARRO GASOLINERA-JUS	3,23
RUTA CALLE ARIADNA-JUS	1,63
RUTA PUENTE ED LA CONCORDIA-JUS	1,41
RUTA GLORIETA ILDEFONSO CERDÁ-JUS	3,35
ZEN-JUS	1

Km	SANCHINARRO- JUS	RUTA ARIADNA- JUS	RUTA PUENTE CONCORDIA - JUS	ÁREA DE ESTUDIO	TOTAL
T.PRIV	73.442.897,96	39.362.218,33	3.849.591,16	22.878,83	116.677.586,28
T.PUB	75.097.163,29	13.431.046,10	2.810.364,55	25.981,68	91.364.555,63

A estos recorridos se les ha multiplicado los distintos factores de emisión obtenidos a través de la aplicación COPERT 4, obteniendo las siguientes emisiones anuales totales:

Toneladas	CO	NOx	NMVOC	PMx	CH4	CO2
T.PRIV	193,92	56,24	46,55	2,33	0,70	17.782,13
T.PUB	91,36	913,65	118,77	0,00	116,95	51.563,41

Se han excluido las emisiones de SOx debido a las bajas ppm presentes en los carburantes actuales, representando cantidades despreciables para el estudio.

Como queda de manifiesto en la tabla anterior, las emisiones más cuantiosas son las de Dióxido de Carbono (CO2) que representan un alto porcentaje de las emisiones a la atmósfera que se producen por el tráfico rodado en la zona de estudio.

Tal y como puede observarse en el escenario preoperacional, los niveles de inmisión de contaminantes son incluso menores en las estaciones REDAIR (AENA) de la zona de estudio, por lo que, y sumado a la falta de datos relativa al funcionamiento del aeropuerto, se ha desestimado la inclusión de las emisiones contaminantes aéreas.

5.2.2. Emisiones derivadas de procesos Industriales.

Según la cartografía, no existen espacios cercanos dedicados a la industria.

5.2.3. Emisiones derivadas de los Procesos de Combustión no Industrial (Residencial, Terciario-Comercial y Dotacional)

Para el cálculo de las emisiones del sector residencial se emplea la metodología simple que describe la guía *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (2019)* basada en el cálculo de las emisiones a partir de los factores de emisión y el consumo energético del combustible.

La ecuación para dicho cálculo es la siguiente:

$$\text{Emisiones anuales de contaminante} = \text{Consumo anual de combustible (Gj)} \times \text{Factor de emisión (g/Gj)}$$

Para determinar las emisiones de contaminantes atmosféricos debidos a los usos domésticos se ha realizado un cálculo de los kep utilizados en una vivienda al año a través de la app de la organización Vida Sostenible. Los sistemas energéticos considerados en el presente estudio son:

- Gas natural.
- Calderas de gasóleo.

A la vista de esto, se expone una tabla con los factores de emisión que se usan en el presente estudio según el combustible usado:

Factores de Emisión g/Gj	CO	NMVOC	CH4	NOX	PM	CO2	SO2
Gas Natural	123	3	100	50	2,9	56.000	0,3
Gasoil	72	5	8,5	50	6,2	74.000	140

Fig. 42. Factores de emisión por tipo de contaminante y combustible.

RESIDENCIAL

Para el cálculo residencial, se realizó una estimación del número de viviendas actual (suponiendo un vacío del 5%), a través del recuento de bloques de pisos a través de la herramienta Google Maps. Se les atribuyó una ocupación de 3 personas por vivienda de cara al cálculo del consumo de kep por medio de la aplicación de la fundación Visa sostenible, y se realizó la conversión a Gj para la obtención de las emisiones anuales, suponiendo un 70% de viviendas con gas natural y un 30% de gasoil:

EMISIONES VIVIENDAS PREOPERACIONAL (t)	CO	NMVOC	CH4	NOX	PM	CO2	SO2
Gas Natural	22,02	0,54	17,90	8,95	0,52	10.024,43	0,05
Gasoil	10,19	0,25	8,28	4,14	0,24	4.638,08	0,02

Fig. 43. Emisiones de contaminantes de viviendas anuales por tipo de combustible usado en el caso preoperacional.

TERCIARIO

Para el cálculo del sector terciario y comercial, se tuvo en cuenta como referente único la Ciudad Deportiva del Real Madrid. Sus datos de consumo fueron obtenidos a partir de un informe propio de consumo eléctrico y redes de frío y calor, utilizando gas natural como combustible:

EMISIONES TERCIARIO PREOPERACIONAL (t)	CO	NMVOC	CH4	NOX	PM	CO2	SO2
CIUDAD DEPORTIVA	1,96	0,05	1,60	0,80	0,05	894,20	0,00

Fig. 44. Emisiones de contaminantes anuales de la Ciudad Deportiva de Valdebebas en el caso preoperacional.

DOTACIONAL

En el caso del sector dotacional, en la situación preoperacional del área de estudio se encuentran dos parcelas dedicadas por un colegio de primaria y un colegio infantil respectivamente. Se halló su área a través del catastro y se obtuvo su consumo en m² a través de su comparación con el gasto de una vivienda, considerando a este lo suficientemente similar para su comparación, así como se supuso el uso de gas natural como combustible:

EMISIONES TERCARIO PREOPERACIONAL	CO	NMVOC	CH4	NOX	PM	CO2	SO2
DOTACIONES	0,43	0,01	0,35	0,17	0,01	195,30	0,00

Fig. 45. Emisiones de contaminantes anuales por parte de las dotaciones en el caso preoperacional.

5.2.4. SÍNTESIS

A partir de los apartados anteriores, se ha confeccionado la siguiente tabla con las emisiones de contaminantes:

EMISIONES TOTALES PREOP (T Y %)				
Contaminante/GEI	FUENTE EMISORA			TOTAL
	CARRETERA	DOMÉSTICA	TERCIARIA	
CO	285,28	30,60	2,39	318,28
	89,63	9,61	0,75	100,00
NMVOC	165,33	0,75	0,06	166,14
	99,51	0,45	0,04	100,00
CH4	117,65	24,87	1,95	144,46
	81,44	17,22	1,35	100,00
NOX	969,88	12,44	0,97	983,29
	98,64	1,26	0,10	100,00
PM	2,33	0,72	0,06	3,11
	74,99	23,20	1,81	100,00
CO2	69345,55	13929,38	1089,50	84364,43
	82,20	16,51	1,29	100,00
SO2	0,00	0,07	0,01	0,07
	0,00	91,93	8,07	100,00

Como se puede observar, el CO₂ es el contaminante más abundante, principalmente generado por el transporte en carretera, seguido muy de lejos por los óxidos de nitrógenos y por el monóxido de carbono.

6. SITUACIÓN POSTOPERACIONAL (AÑO 2030)

El escenario postoperacional que se ha escogido es **2030** en base a las hipótesis de oferta propuestas por el Estudio de Movilidad para este mismo proyecto, las cuales pueden traducirse a un aumento del número de viajes de distintos tipos de vehículos y la cantidad de emisiones que traen con ello. Estas hipótesis son:

- El intercambiador de Valdebebas está plenamente operativo.
- El puente de la Concordia está plenamente operativo.
- La línea 3 de Metro se ha ampliado hacia el Sur (El Casar).
- La línea 5 de Metro se ha ampliado desde Alameda de Osuna hasta la nueva estación del Aeropuerto T1-T2-T3.
- Se encuentra en funcionamiento el nuevo viario denominado Calle 51.
- Ya se encuentran en servicio los intercambiadores de Conde de Casal, hasta donde llega la línea 11 desde Cuatro Vientos, y el de Chamartín.
- A su vez, el tramo de la línea 11 entre Mar de Cristal y Valdebebas Norte se encuentra en servicio.

La población total las zonas consideradas sería otra variable a tener en cuenta, teniendo un potencial de crecimiento en los próximos años debido a la edificación remanente de suelo residencial y a la comercialización de las viviendas ya construidas, traduciéndose en una mayor cantidad de emisión de contaminantes. Se han realizado las siguientes hipótesis al respecto:

- La ratio de 2018 de personas por vivienda en Valdebebas es de 2,71 (4.216 personas en 1.556 hogares) en la zona 079-16-440B y de 2,66 (1.235 personas en 465 hogares) en la zona 079-21-574A
- Las parcelas que figuren como "viviendas entregadas" en el Observatorio de la Vivienda de Valdebebas se considerarán plenamente ocupadas en el año 2026 y por tanto para el resto de los horizontes.
- Por su parte, las que se encuentren "en construcción" dentro del epígrafe "en promoción y comercialización" se supondrán ocupadas en 2026 en la misma proporción que las viviendas entregadas se encontraban en el año 2018.
- Aquellas viviendas sin obras iniciadas se supondrán vacías en 2026, ocupadas al 50% en 2030 y al 90% en 2036.

Así mismo, en un horizonte a ocho años vista de la fecha del presente informe (2030) se estima la construcción de la Ciudad de la Justicia y el asentamiento permanente del Hospital Isabel Zendal. Se presupone que estas nuevas dotaciones urbanísticas atraerán un mayor tránsito a la zona y una mayor fijación de la población.

En concreto, se observa un enorme potencial de crecimiento en la zona de estudio y una instrumentación urbanística que lo fomenta y acompaña:

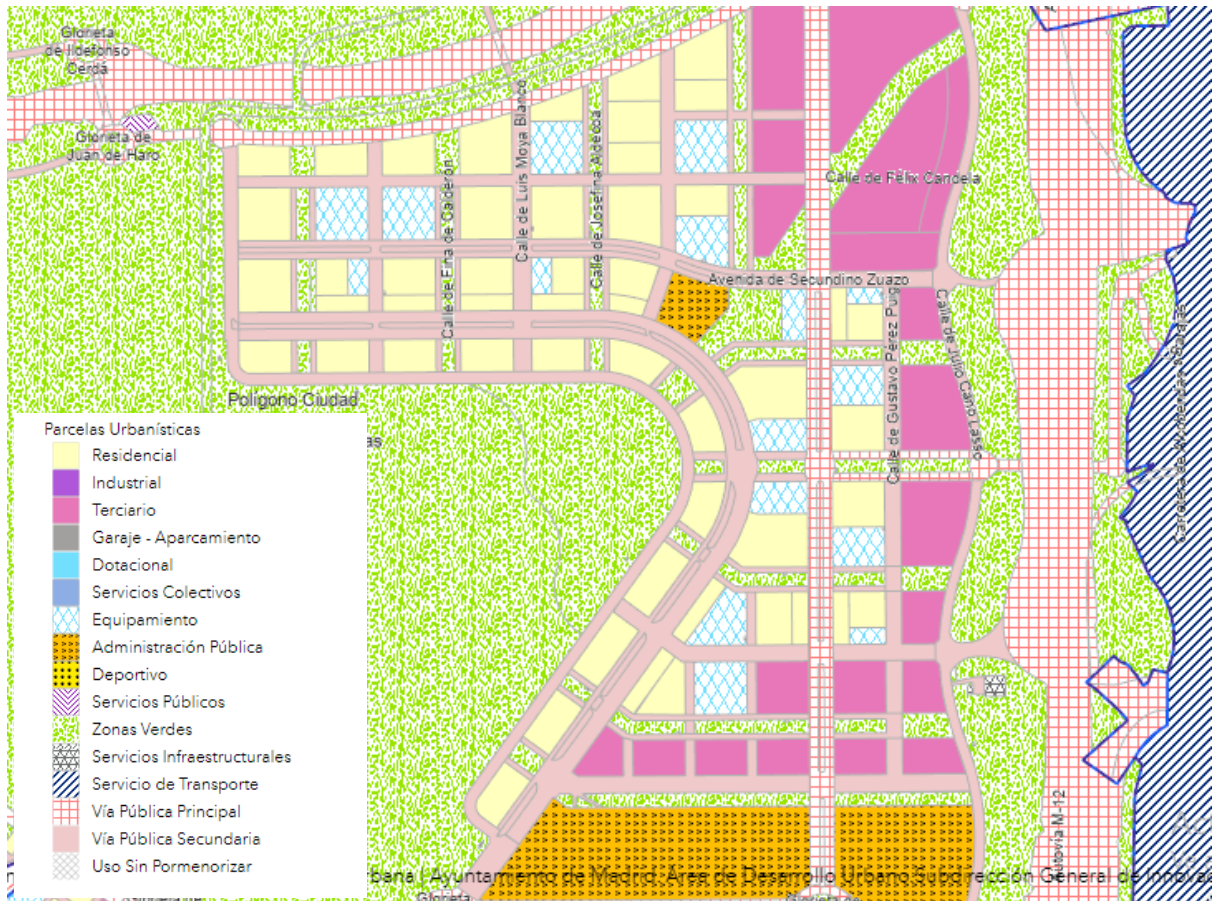


Fig. 46. Visor de Planeamiento Urbanístico, zona Valdebebas. Fuente: Comunidad de Madrid.

Teniendo en cuenta la caracterización de la zona de estudio, podemos clasificar las emisiones futuras en tres tipos:

6.1.1. Emisiones derivadas del transporte por carretera

Se ha seguido la misma metodología que para el caso preoperacional, pero esta vez usando la predicción de la matriz de viajes facilitada por el informe de tráfico para 2030 así como una predicción de aforos obtenida por regla de tres:

Zona	HEEIZ	CJus-Int	Val	Bar	Hor	Alm	Per	Cor B	Cor C	TOTAL
HEEIZ	0	124	469	233	481	430	1.467	2.183	207	5.595
CJus-Int	25	0	1.522	886	1.965	2.042	6.739	10.316	1.133	24.628
Val	450	2.224	6.995	3.855	6.800	5.891	18.956	25.893	2.727	73.791
Bar	132	938	3.077	4.739	4.835	5.258	21.225	27.019	2.663	69.884
Hor	319	1.976	4.818	4.154	17.558	14.809	41.108	40.919	3.961	129.624
Alm	248	1.961	4.432	4.796	15.501	116.361	142.588	74.506	8.321	368.715
Per	783	5.962	13.339	18.579	40.889	133.080	518.909	469.964	33.281	1.234.785
Cor B	1.208	9.488	18.745	24.950	41.486	74.291	495.315	1.899.038	169.448	2.733.970
Cor C	128	1.160	2.200	2.642	4.326	9.026	37.882	181.340	323.644	562.348
TOTAL	3.293	23.834	55.597	64.835	133.841	361.187	1.284.188	2.731.179	545.386	5.203.339

Fig. 47. Matriz de viajes de transporte privado previsto para 2030. Estudio de movilidad del Plan Especial del ámbito formado por el futuro intercambiador de Valdebebas, la Ciudad de la Justicia y el Hospital Isabel Zendal, 2022.

Zona	HEEIZ	CJus-Int	Val	Bar	Hor	Alm	Per	Cor B	Cor C	TOTAL
HEEIZ	0	22	267	75	212	256	504	145	13	1.494
CJus-Int	30	0	1.156	409	1.207	1.736	3.605	1.195	132	9.470
Val	269	1.408	4.956	1.692	3.655	5.358	8.971	2.777	315	29.402
Bar	81	542	1.782	6.252	5.059	10.423	21.201	5.956	570	51.867
Hor	213	1.337	3.627	4.743	24.002	35.171	47.215	10.348	1.045	127.702
Alm	223	1.689	4.558	8.608	31.789	488.504	357.236	168.526	13.235	1.074.367
Per	501	3.860	8.819	19.959	47.359	391.220	757.674	147.318	11.282	1.387.993
Cor B	146	1.247	2.780	5.805	10.428	187.872	148.862	469.484	37.614	864.238
Cor C	14	141	327	574	1.084	15.768	11.795	38.635	46.873	115.212
TOTAL	1.478	10.246	28.272	48.119	124.794	1.136.308	1.357.063	844.385	111.080	3.661.744

Fig. 48. Matriz de viajes de transporte público previsto para 2030. Estudio de movilidad del Plan Especial del ámbito formado por el futuro intercambiador de Valdebebas, la Ciudad de la Justicia y el Hospital Isabel Zendal, 2022.

Así mismo, se ha asumido una distribución igual en la tipología de vehículos, obteniendo los siguientes resultados:

Km	SANCHINARRO-JUS	RUTA ARIADNA-JUS	RUTA PUENTE CONCORDIA-JUS	ÁREA DE ESTUDIO	TOTAL
T.PRIV	228.007.541,81	242.155.251,10	27.377.729,32	229.422,31	497.769.944,55
T.PUB	148.630.145,34	52.675.434,65	12.741.760,54	166.093,71	214.213.434,24

Como en el caso preoperacional, a estos recorridos se les ha multiplicado los distintos factores de emisión obtenidos a través de la aplicación COPERT 4, obteniendo las siguientes emisiones anuales totales:

Toneladas	CO	Nox	NMVOC	PMx	CH4	CO2
T.PRIV	827,29	239,93	198,61	4,28	1,29	32.646,98
T.PUB	214,21	2.142,13	278,48	0,00	274,19	120.895,64

Emisiones anuales de contaminantes. Se han excluido las emisiones de SOx debido a las bajas ppm presentes en los carburantes actuales, representando cantidades despreciables para el estudio.

Se ha observado un aumento generalizado de las emisiones como consecuencia del mayor número de afluencia de viajes, siendo las emisiones de dióxido de carbono (CO2) las más cuantiosas también en el caso post operacional.

Tal y como puede observarse en el escenario preoperacional, los niveles de inmisión de contaminantes son incluso menores en las estaciones REDAIR (AENA) que en la zona de estudio, por lo que, y sumado a la falta de datos relativa al funcionamiento del aeropuerto, se ha desestimado la inclusión de las emisiones contaminantes aéreas.

6.1.2. Emisiones derivadas de procesos Industriales.

Según la cartografía, no existen espacios cercanos dedicados a la industria.

6.1.3. Emisiones derivadas de los Procesos de Combustión no Industrial (Residencial, Terciario-Comercial y Dotacional)

RESIDENCIAL

Para el 2030 se ha supuesto la construcción total de las manzanas destinadas a viviendas con una ocupación del 50% en estas y de un 100% en las viviendas ya construidas, así como suponiendo un 5% de vacío a raíz de las casas desocupadas. Así mismo, se siguió suponiendo una distribución de uso de combustible igual que en el caso preoperacional:

EMISIONES VIVIENDAS POSTOPERACIONAL (T)	CO	NMVOC	CH4	NOX	PM	CO2	SO2
Gas Natural	31,84	0,78	25,89	12,94	0,75	14496,93	0,08
Gasoil	14,73	0,36	11,98	5,99	0,35	6708,59	0,04

Fig. 49. Emisiones de contaminantes de viviendas anuales por tipo de combustible usado para la situación postoperacional.

TERCIARIO-COMERCIAL Y DOTACIONAL.

En cuanto terciario, la situación ha cambiado para el caso postoperacional, pues se ha supuesto la construcción de 2 complejos comerciales de 2 plantas y una importante mancha de oficinas además de la ya existente Ciudad Deportiva de Valdebebas.

Por su parte, se supone la construcción de todas las parcelas destinadas a dotaciones y se tienen en cuenta las ya construidas, así como del complejo del Campus de la Justicia y el Zendal, construido después de 2019.

Se calculó el uso de energía en Gj por extrapolación de datos conocidos y se supuso el uso de gas natural como combustible, resultando en la siguiente tabla:

TERCIARIO y DOTACIONAL POSTOPERACIONAL (t)	CO	NMVOC	CH4	NOX	NO	PM	CO2	SO2
COMERCIAL	5,17	0,13	4,21	2,10	0,29	0,12	2355,39	0,01
OFICINAS	50,37	1,23	40,95	20,48	2,87	1,19	22933,81	0,12
DOTACIONES	7,28	0,18	5,92	2,96	0,41	0,17	3312,43	0,02
ZENDAL	2,19	0,05	1,78	0,89	0,12	0,05	997,36	0,01
OFICINAS JUST+SERNA	0,15	0,00	0,12	0,06	0,15	0,00	68,92	0,00

Fig. 50. Emisiones de contaminantes del sector terciario y dotacional para la situación postoperacional.

6.1.4. SÍNTESIS

A partir de los apartados anteriores, se ha confeccionado la siguiente tabla con las emisiones de contaminantes para la situación postoperacional:

Emisiones totales POSTOOPERACIONAL (T Y %)						
Contaminante/GEI	FUENTE EMISORA					TOTAL
	CARRETERA	DOMÉSTICA	TERCIARIA	ZENDAL	JUUST	
CO	1041,51	46,58	64,63	2,19	0,15	1155,06
	90,17	4,03	5,60	0,19	0,01	100,00
NMVOC	477,09	1,14	1,58	0,05	0,00	479,86
	99,42	0,24	0,33	0,01	0,00	100,00
CH4	275,48	37,87	52,55	1,78	0,12	367,80
	74,90	10,30	14,29	0,48	0,03	100,00
NOX	2.382,06	18,93	26,27	0,89	0,06	2428,22
	98,10	0,78	1,08	0,04	0,00	10.0,00
PM	4,28	1,10	1,52	0,05	0,00	6,96
	61,54	15,77	21,89	0,74	0,05	100,00
CO2	153.542,62	21.205,52	29.426,91	997,36	68,92	205.241,32
	74,81	10,33	14,34	0,49	0,03	100,00
SO2	0,00	0,11	0,16	0,01	0,00	0,28
	0,00	41,02	56,92	1,93	0,13	100,00

Como se aprecia en la tabla anterior, se mantienen unas relaciones porcentuales similares casi idénticas a la situación preoperacional y los mismos principales contaminantes. Esto puede comprenderse debido al crecimiento de infraestructuras de tráfico y a la construcción de nuevas viviendas y edificios del sector terciario y con fines dotacionales.

7. HUELLA DE CARBONO DE LA ACTUACIÓN

La mayoría de proyectos arquitectónicos calculan su huella de carbono a posteriori de llevar a cabo el proceso constructivo, ya que permite obtener unos resultados más precisos y fiables basados en el Plan de Obra.

Existen multitud de herramientas y metodologías que permiten calcular la huella de carbono de una edificación ya construida o diseñada. Sin embargo, en propósito de avanzar hacia el objetivo de neutralidad del carbono propuesto por las Naciones Unidas y secundado por la Unión Europea, se crea la necesidad de buscar herramientas y metodologías que permitan estimar las emisiones de carbono en fases previas a la construcción de los edificios.

Es fundamental orientar las nuevas herramientas a estimar las emisiones de gases de efecto invernadero desde las primeras fases de planificación del proyecto; lo que supondría una mayor flexibilidad a la hora de integrar alternativas compatibles con el cambio climático, o incluso beneficiosas.

Esto permitiría:

- Repercutir en una mayor concienciación sobre el cambio climático desde la concepción del proyecto.
- Proporcionar información sobre las emisiones de cada elemento y método constructivo, incluyendo los diferentes materiales, usos a lo largo de la vida del edificio, tipos de transporte, sistemas de deconstrucción y reutilización de infraestructuras...
- Valorar diferentes alternativas de cara a la toma de decisiones tempranas, que permitan examinar cómo contribuir a aumentar o disminuir las emisiones del edificio.

Para la consecución de estos objetivos se utilizará la novedosa herramienta OERCO2 (Recurso Educativo Abierto), un software de código abierto desarrollado y financiado por la Universidad de Sevilla con el apoyo de la Comisión Europea, que permite evaluar los impactos ambientales asociados a los productos de construcción. De esta forma, se consigue unificar los cálculos de las emisiones de CO2 en cada fase del edificio, de manera de tener una visión global de la huella de carbono, desde su diseño, y poder para decidir sobre cada variable de la construcción.

Esto permitirá:

- Tener una visión de preevaluación de proyectos, permitiendo un cambio en la toma de decisiones, desde la planificación.
- Estimar los impactos ambientales en ausencia de un Proyecto Básico o un Plan de Obra, y por tanto, en ausencia de datos sobre cantidad de materiales, residuos o maquinaria a utilizar.

7.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES Y LÍMITE DE LA HUELLA DE CARBONO

El alcance geográfico elegido para determinar la actuación, y por tanto, la huella de carbono, corresponde a la siguiente ubicación:

7.1.1. Parcelas:

- Parcela 06 del **APE.16.11. "Ciudad Aeroportuaria y Parque de Valdebebas"**, de código postal 28050 y perteneciente al municipio de Madrid, correspondiente a la Ciudad de la Justicia, cuya ordenanza de obras está delimitada en el Anteproyecto "Concesión de obras para la construcción, conservación y explotación de la Ciudad de la Justicia del Partido Judicial de Madrid".

La ausencia de un Proyecto Básico de Obra impide conocer la tipología de maquinaria y materiales a utilizar, así como la gestión del transporte y los residuos a generar, por lo que se hace inviable calcular los factores de emisión diferenciados para cada proceso y su exposición por alcances. En su lugar, se utilizará OERCO2 para estimar la distribución de las emisiones correspondientes a cada proceso.

Se profundizará en la metodología en función de la relevancia para el proyecto y hasta el límite en que se dispongan de datos que no desfiguren la calidad del inventario con su inclusión.

7.1.2. Exclusiones:

Para el cálculo de la Huella de Carbono se excluye:

- La construcción del Hospital Isabel Zendal y del Instituto de Medicina por haber consumido ya su edificabilidad y no estar en disposición de modificarse su planificación, ni estar contemplados en el Anteproyecto del Plan Especial "Campus de la Justicia".
- El Intercambiador de Transportes, por no sufrir una edificación relevante para los volúmenes de huella de carbono con los que se trabaja ni disponer de información suficiente sobre su modificación en el Anteproyecto.

En el apartado post operacional del presente informe (apartado 6) se hace una estimación de las emisiones del Hospital Isabel Zendal y de la Ciudad de la Justicia en su etapa de funcionamiento. No obstante, sería interesante en un futuro calcular la huella de carbono de dichos edificios a partir de datos precisos y reales.

7.2. DATOS DE ENTRADA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para el cálculo de la huella de carbono se dispone de los siguientes datos:

- **Datos de actividad:**
 - Anteproyecto de construcción y explotación de las obras del contrato "Concesión de obras para la construcción, conservación y explotación de la Ciudad de la Justicia del Partido Judicial de Madrid", publicado en el BOE en febrero de 2022.

- **Factores de emisión y herramientas utilizados:** obtenidos de fuentes publicadas fiables y actualizadas:
 - Guía DEFRA 2021 (Conversion Factors for Company Reporting)
 - MITECO, "Factores de emisión: Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono de abril 2021 (Versión 17), IPCC: Cuarto Informe de Evaluación".
 - Herramienta OERCO2, validada por la Unión Europea y en concreto, por el estudio "*Carbon Footprint of Dwelling Construction in Romania and Spain. A Comparative Analysis with the OERCO2 Tool*". Evalúa las emisiones de CO2 de la fase de construcción, incluyendo la extracción y fabricación de materiales, así como la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD). Se considera válida para evaluar proyectos en la etapa de diseño.

La herramienta OERCO2 ha sido probada y evaluada por todos los socios del proyecto e incluye todas las tipologías y características constructivas comúnmente utilizadas en España, Portugal, Italia y Rumanía. Obtiene los datos de la siguiente forma:

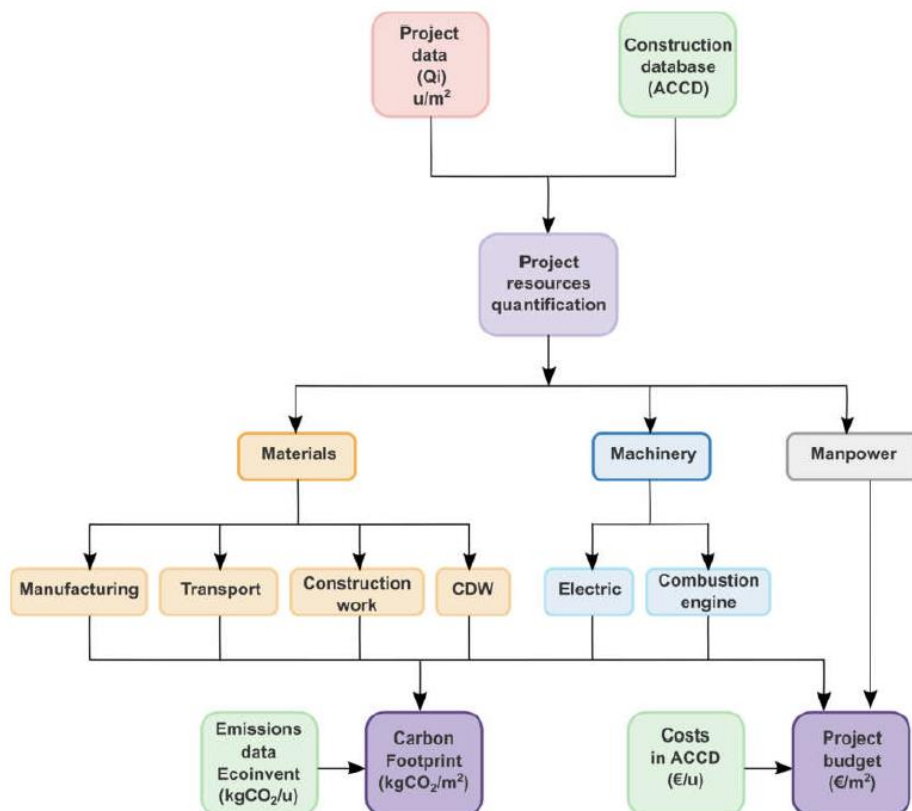


Fig. 51. Metodología de OERCO2

Los datos ambientales incluidos en el software OERCO2 se obtienen de la base de datos de Ecoinvent a través de Simapro, que fue elegido para cubrir todos los materiales comúnmente utilizados en la construcción de edificios, baremado entre los diferentes países socios de la Unión.

Para obtener las emisiones de CO2 incorporadas en los materiales de construcción, su vida útil o análisis de ciclo de vida (ACV) se analiza aplicando la Metodología 100a del Panel Intergubernamental de Cambio Climático Metodología (IPCC), que utiliza el indicador de huella de carbono para aislar el CO2 y otros Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del ACV.

La unidad de medida utilizada por OERCO2 (HC, o huella de carbono) se da en toneladas de CO2 equivalente por tonelada de material, y es un indicador de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por un determinado proceso que destaca por su sencillez y relación directa con los objetivos principales del Protocolo de Kioto, junto con su fácil aplicación en la toma de decisiones y política ambiental.

Por ejemplo:

Material	Carbon Footprint (t CO ₂ eq./t)
Soil	0.007
Wood	-0.992
Concrete	0.112
Asphalt	0.21
Ceramic	0.22
Aggregates and Stones	0.004
Metals	1.50
Plastics	3.25
Glass	0.669
Plaster and Pastes	0.002

Fig. 52. Huella de carbono de los diferentes materiales según OERCO2

El transporte de materiales se incluye en el impacto ambiental haciendo aproximaciones de la distancia recorrida, del siguiente modo:

	Concrete	Other Materials
Truck load capacity (t)	24	2
Distance to factory (km)	20	250
Average diesel consumption (L/100 km)	26	26
Diesel emissions (tCO ₂ /liter)	2.62×10^{-3}	2.62×10^{-3}
Diesel consumed water (m ³ /L)	1.26	1.26
Diesel embodied energy (MJ/litre)	57.70	57.70
Electricity embodied energy (MJ/kWh)	3.60	3.60

Fig. 53. Huella de carbono de los diferentes materiales según OERCO2

7.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS

El Anteproyecto constituye un marco de acotación para el diseño del Proyecto Ciudad de la Justicia, por lo que es flexible en la planificación y permite una abertura en la toma de decisiones que puede explorarse mediante la herramienta OERCO2.

Las fases del proyecto a evaluar son las siguientes:

- A) Movimiento o remoción de tierra equivalente a la construcción bajo rasante, evaluado según el factor de emisión de DEFRA 2021 por considerarse el método más preciso.
- B) Edificación según módulos predefinidos por el Anteproyecto, evaluados por OERCO2 por proporcionar información precisa y a la vez simplificada.

A) MOVIMIENTO DE TIERRAS SEGÚN DEFRA 2021

Para el cálculo de la huella de carbono asociada a la remoción de tierras, se han utilizado los valores de superficie construida bajo rasante para los tres sótanos previstos por el Anteproyecto:

SUPERFICIES CONSTRUIDAS BAJO RASANTE			M2
SOTANO 1			
APARCAMIENTO PUBLICO			16.558,00
APARCAMIENTO RESTRINGIDO			42.904,00
ARCHIVO Y DEPOSITO EFECTOS			14.113,00
OFICINAS ARCHIVEROS			784,00
			74.359,00
SOTANO 2			
APARCAMIENTO PUBLICO			16.558,00
APARCAMIENTO RESTRINGIDO			46.776,00
DARSENA FFSSEE			5.500,00
ZONA DETENIDOS Y FFSSEE			5.913,40
NUCLEOS VERTC PENAL 6X140			840,00
ALMACENES VESTUARIOS INSTALACIONES			3.486,00
INSTALACIONES GENERALES EXTERIORES			5.315,00
CONEXIÓN TUNEL APARC RESTRINGIDO			200,00
RAMPA ACCESO GALERIA INSTALACIONES			482,04
			85.070,44
SOTANO 3			
APARCAMIENTO PUBLICO			16.558,00
			16.558,00
TOTAL SUP CONSTRUIDA BAJO RASANTE			
			175.987,44
URBANIZACION - AJARD. PLAZA EXT. Y RECINTO			39.734,94
URBANIZACION JARDINERIA			27.191,00
URBANIZACION PERGOLAS/ PORCHES			5.543,14
VALLADOS RECINTO , PUERTAS EXT, Y PASILLOS RODANTES			
TERMINACION TUNEL/GALERÍA			14.500,00
CENTRENERGIA -PRODUCCION CLIMA- E FOTOVOLTAICA			
SUBESTACION ELECTRICA			

Fig 1. Superficie construida bajo rasante. Fuente: Anteproyecto

A partir de la superficie y una altura estimada que incluye los espacios intersótano, se obtiene el peso de las tierras a remover y el coste en carbono equivalente que supondría su gestión. Para realizar este cálculo, se multiplica por el factor de emisión para las tierras removidas proporcionado por la Guía DEFRA 2021 (*Conversion Factors for Company Reporting*), que incluye la recogida, el transporte y la gestión final.

1er PASO		Superficie (m ²)	Altura (m)	Volumen (m ³)
	Sótano 1	74.359,00	5,5	408.974,50
	Sótano 2	85.070,00	5	425.350,00
	Sótano 3	16.558,00	4	66.232,00
Total volumen (m ³)				900.556,50
2º PASO	Densidad de tierras de excavación (t/m ³)			x 0,8
	TOTAL PESO (toneladas)			720.445,20
3er PASO	Factor de Emisión DEFRA 2021 de tierras de excavación (kg CO ₂ eq/ tonelada)			x 0,989
	TOTAL TONELADAS CO₂ EQUIVALENTE			712,52

B) MÓDULOS CONSTRUCTIVOS SEGÚN OERCO2

Para plantear el diseño de los edificios a construir, el Anteproyecto utiliza de forma sistemática de un módulo básico desarrollado como mínimo común denominador de los distintos usos, el cual se obtiene a partir del elemento más repetitivo de la actuación, que es el JUZGADO SALA DE VISTAS en sus diferentes jurisdicciones. Este módulo tipo tiene 4 juzgados u 8 salas de visita.

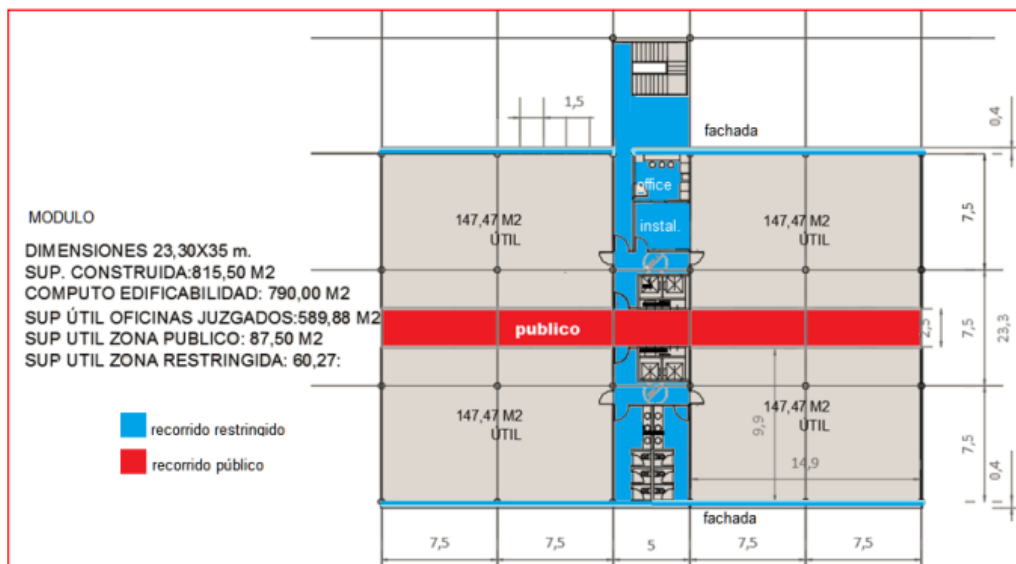


Fig. 54 . Página 32, Anteproyecto de construcción y explotación de obras Ciudad de la Justicia de Madrid.

A este módulo se le sumarán las plantas correspondientes según el siguiente listado de edificaciones previstas en el Anteproyecto:

- Audiencia Provincial Penal: con una superficie equivalente a 3 módulos de 6 plantas.
- Juzgados de Menores: con una superficie equivalente a 1,5 módulos de 5 plantas.
- Fiscalía provincial: con una superficie equivalente a 2 módulos de 7 plantas.
- Violencia sobre la Mujer - Penal VSM - Vigilancia penitenciaria - Ejecutorías: con una superficie equivalente a 2,5 módulos de 8 plantas.
- Instrucción y Penal: con una superficie equivalente a 2 módulos de 8 plantas.
- Juzgados de Instrucción: con una superficie equivalente a 2,5 módulos de 8 plantas.
- Decanato - Servicios adscritos y Usos asociados: con una superficie equivalente a 2 módulos de 7 plantas.
- Tribunal Superior de Justicia: con una superficie equivalente a 2 módulos de 5 plantas.
- Juzgados de Familia – incapacidades: con una superficie equivalente a 2 módulos de 6 plantas.
- Audiencia Provincial Civil: con una superficie equivalente a 2 módulos de 6 plantas.
- Juzgado de lo Social: con una superficie equivalente a 3 módulos de 9 plantas.
- Juzgado Mercantil - Contencioso administrativo: con una superficie equivalente a 2 módulos de 8 plantas.
- Juzgados de Primera Instancia general 2: con una superficie equivalente a 2,5 módulos de 6 plantas.
- Juzgados de Primera Instancia general 1: con una superficie equivalente a 2,5 módulos de 8 plantas.
- Registro civil: con una superficie equivalente a 1,5 módulos de 4 plantas.

Puede observarse la distribución espacial de los diferentes edificios en las siguientes imágenes, incluyendo el número de plantas:

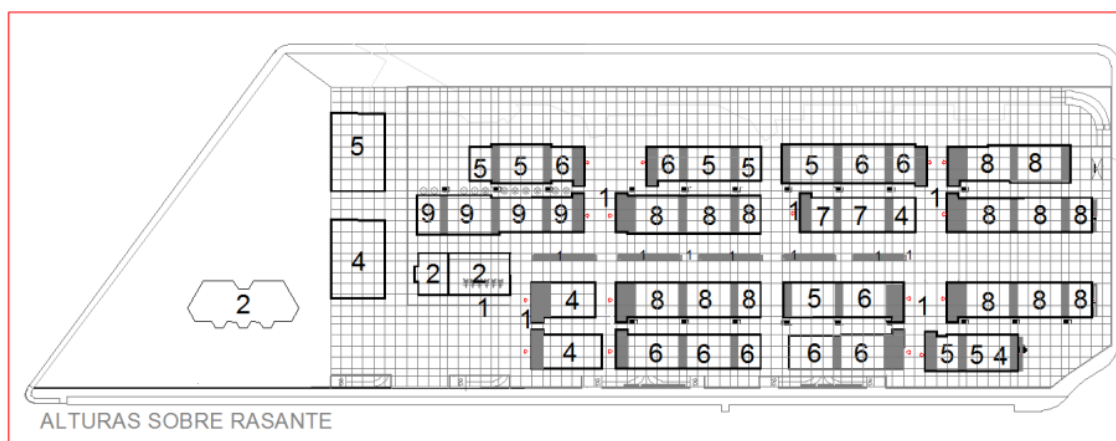


Fig. 55 . Página 67, Anteproyecto de construcción y explotación de obras Ciudad de la Justicia de Madrid.

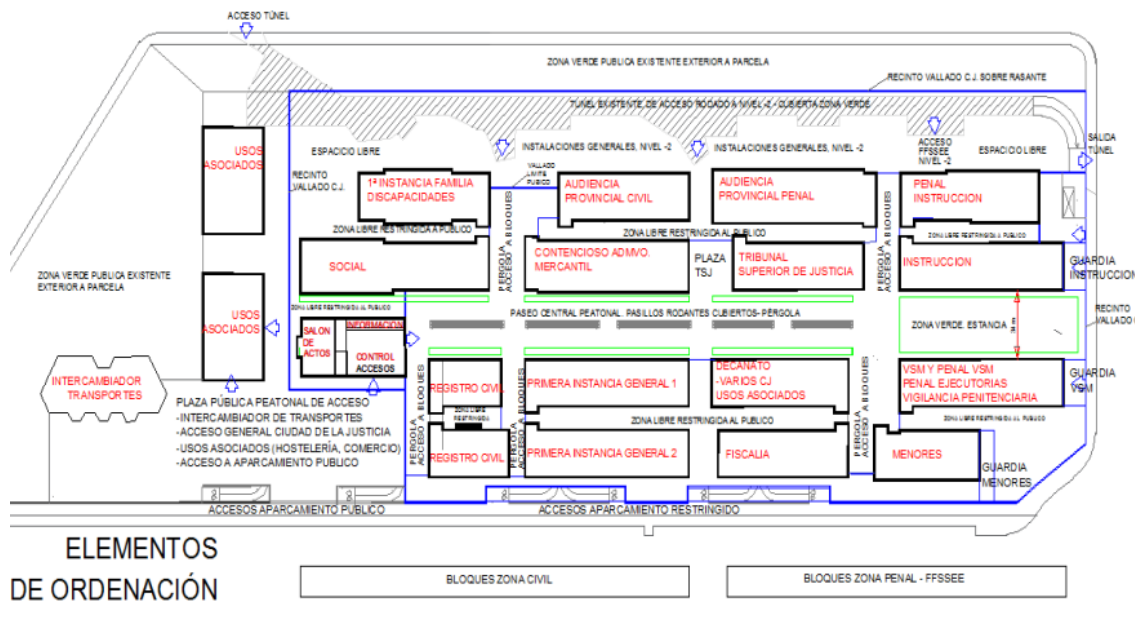


Fig. 56 . Página 63, Anteproyecto de construcción y explotación de obras Ciudad de la Justicia de Madrid.

Para el cálculo de la huella de carbono de cada módulo se ha utilizado la herramienta OERCO2. La primera fase determina la información general sobre el proyecto a analizar, como la superficie y el tipo de estructura, de forma que permite asignar un proyecto similar de la base de datos.

Después, la herramienta ofrece una serie de alternativas con diferente huella de carbono (HC, toneladas de CO2) según el capítulo constructivo. Para poder preseleccionar las alternativas, se utiliza el Anteproyecto de la Ciudad de la Justicia, que recomienda y/o limita las opciones constructivas, proporcionando un marco más o menos flexible de elección de materiales y equipos:

1. ESTRUCTURA Y ENVOLVENTES

a. Cimentación y estructura

Según el Anteproyecto (pág. 163), "la cimentación será en terreno natural mediante zapatas o losas de hormigón armado".

b. Fachada y acabados

Según el Anteproyecto (pág. 169), "se recomiendan materiales pétreos, cerámicos, de hormigón visto, al menos en todo el perímetro exterior, visible desde el exterior. Se descartan por completo el uso de cualquier tipo de enfoscados, pinturas exteriores y acabados monocapa que precisen de un alto mantenimiento. No se recomienda el empleo de fachadas de muro cortina, en una clara apuesta por el uso de fachadas opacas.

Concretamente, podrían utilizarse soluciones constructivas tipo SATE (Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior), con capas de micro-armaduras y mallazos de fibra de vidrio, o similares, que logren una resistencia a impacto de 60J o superior".

c. Particiones interiores

Según el Anteproyecto (pág. 172), se distinguen dos tipos de particiones interiores:

- Fijas. "La tabiquería que pudiéramos designar como fija (la que se considera no variará con posibles modificaciones de distribución en el futuro) será en general, de estructura simple con disposición de montantes reforzados de acero galvanizado en "H" y doble placa de yeso laminado en ambas caras. Se trata, junto con la estructura proyectada, de una solución muy flexible, de acuerdo con las posibles futuras redistribuciones de zonas y usos. Los cuartos húmedos se compartimentarán con tabiquería simple autoportante de placas de yeso laminadas hidrófugas. Los tabiques interiores a esos núcleos, por ejemplo, cuartos húmedos, también serán de fábrica de ladrillo, en este caso hueco (tabicón de espesor 8cm), con el acabado correspondiente (alicatado o pintado sobre enlucido).
- Móviles o mamparas. "Serán realizadas con particiones desmontables de mamparas modulares, fácilmente retirables y reutilizables. En la separación entre oficinas y áreas de paso se proyectan mamparas ciegas o translúcidas hasta media altura, y vidrio transparente en la parte superior."

d. Aislamientos y revestimientos

Según el Anteproyecto (pág. 170), "La envolvente del edificio habrá de considerar las necesidades de aislamiento tanto térmico como acústico para lograr los objetivos relacionados con la sostenibilidad ambiental y confort higrotérmico y acústico".

Además, en cuanto a materiales de revestimiento se recomienda el vinilo para suelos, paneles para las paredes y techos desmontables de madera o acero.

A continuación, se muestran las alternativas ofrecidas por OERCO2, donde se preselecciona la opción delimitada en el Anteproyecto, o la más probable:

CAPÍTULO 1: ESTRUCTURA Y ENVOLVENTES				
SECCIÓN		ALTERNATIVAS	VALOR	UNIDAD
ESTRUCTURA	ENCOFRADOS	Madera	-0,007	HC/m2
		Metálico	0,004	HC/m2
	FORJADOS	Reticular casetones perdidos	0,11	HC/m2
		Reticular casetones recuperables	0,074	HC/m2
		Unidireccional bovedilla cerámica	0,063	HC/m2
		Unidireccional bovedilla hormigón	0,056	HC/m2
		Horizontal no transitable ventilada	0,045	HC/m2
	CUBIERTAS HORIZONTALES	Horizontal no transitable no ventilada	0,039	HC/m2
		Horizontal no transitable invertida	0,017	HC/m2
		Horizontal transitable ventilada	0,069	HC/m2
		Horizontal transitable no ventilada	0,083	HC/m2
		Horizontal transitable invertida	0,053	HC/m2

ALBAÑILERÍA Y ENVOLVENTE	FACHADAS	Muro 1 pie con cámara fábrica de ladrillo	0,105	HC/m2
		Muro 1/2 pie con cámara fábrica ladrillo	0,068	HC/m2
		Muro 1 pie sin cámara	0,091	HC/m2
		Muro 1/2 pie sin cámara	0,054	HC/m2
		Muro 1 pie con cámara trasdosado cartón-yeso	0,177	HC/m2
		Muro 1/2 pie con cámara trasdosado cartón-yeso	0,14	HC/m2
		Fabrica de bloque hormigón ligero macizo e= 25 cm	0,042	HC/m2
	TERMINACIÓN DE FACHADA	Ladrillo cara vista	0,091	HC/m2
		Monocapa	0,03	HC/m2
		Enfoscado sin mastrar y fratasado	0,007	HC/m2
		Fachada ventilada aplacado piedra natural	0,025	HC/m2
		Fachada ventilada aplacado cerámico	0,064	HC/m2
		Fachada ventilada aplacado resina	0,006	HC/m2
		Fachada ventilada aplacado celulosa-cemento	0,007	HC/m2
		Fachada panel sandwich de madera con núcleo XPS	0,038	HC/m2
		Piedra artificial	0,06	HC/m2
		Piedra caliza	0,016	HC/m2
		Mármol	0,016	HC/m2
		Granilo	0,037	HC/m2
		Madera	0,003	HC/m2
PARTICIONES	Ladrillo hueco doble 9cm	0,03	HC/m2	
	Ladrillo hueco triple 15 cm	0,038	HC/m2	
	Ladrillo hueco doble 1 pie	0,072	HC/m2	
	Cartón-yeso	0,019	HC/m2	
AISLAMIENTOS Y REVESTIMIENTOS	AISLAMIENTOS TERMOACÚSTICOS	Poliestireno	0,004	HC/m2
		Poliuretano	0,006	HC/m2
		Fibra de vidrio	0,003	HC/m2
		Lana mineral	0,012	HC/m2
		Perlita	0,111	HC/m2
		Corcho	-0,004	HC/m2
		Polietileno	0,025	HC/m2
	CONTINUOS	Guarnecido y enlucido yeso	0	HC/m2
		Enfoscado, mastrado y fratasado	0,005	HC/m2
	SUELOS	Piedra caliza	0,005	HC/m2
		Linóleo	0,063	HC/m2
		Tarima	0,003	HC/m2
		Mármol	0,005	HC/m2
		Moqueta	0,028	HC/m2
		Gres cerámico	0,024	HC/m2
	TECHOS	Placas escayola desmontable	0,006	HC/m2
		Continuo, yeso laminado	0,029	HC/m2
		Yeso laminado, desmontable, entramado oculto	0,033	HC/m2

2. CARPINTERÍAS

a. Ventanas y huecos

Según el Anteproyecto (pág. 167), "en general el material de las ventanas será de aluminio con rotura de puente térmico. Los huecos de paso (en planta baja u otras plantas cuando se dé paso a terrazas u otros espacios exteriores) serán de acero si son susceptibles de emplearse por el público. Los vidrios serán dobles o triples laminados con baja emisividad térmica.

Los huecos se diseñarán contando con las condiciones de radiación solar, según orientación y obstáculos correspondientes, y se aplicarán las medidas correctoras adecuadas para garantizar el confort higrotérmico y la reducción de demanda energética propia de un edificio de consumo de energía casi nulo: toldos, viseras, persianas exteriores o interiores, vidrios con más o menos factor solar, bajo emisivos, doble o triple vidrio, cámara con gases inertes, etc".

b. Barandillas y pasamanos

Según el Anteproyecto (pág. 180), "las barandillas y pasamanos podrán ser metálicas o de madera. También se contará con escaleras de pates compuesta de redondos de acero galvanizado, líneas de anclaje horizontal permanente de cables de acero (líneas de vida) y demás elementos que sean necesarios, para el correcto mantenimiento de cubiertas y los equipos de instalaciones instaladas en ellas".

c. Puertas

Según el Anteproyecto (pág. 174), "materializados con los acabados del propio sistema modular de mamparas. Así mismo, se podrá proyectar en las particiones que dispongan de paneles o partes de vidrios de puertas abatibles en carpintería igualmente de vidrio, transparentes o traslúcidos.

El resto de las puertas de no acceso al público general, se dispondrán en acero galvanizado con acabado lacado. En espacios de tránsito e itinerarios públicos se proyectarán puertas y mamparas de acero inoxidable, lacado o galvanizado, en base a los criterios adoptados por el quipo proyectista.

En exteriores se dispondrá de puertas de rejilla de acero galvanizado lacado, con lamas de pletina, puertas de chapa de acero, etc".

Según OERCO2:

CAPÍTULO 2: CARPINTERÍAS				
SECCIÓN		ALTERNATIVAS	VALOR	UNIDAD
CARPINTERÍAS	VENTANAS	Madra pino abatible	0,019	HC/m2
		PVC, corredera	0,081	HC/m2
		Aluminio lacado abatible	0,103	HC/m2
	VIDRIOS	Termocáustico 6+12+6	0,009	HC/m2
		Termocáustico 6+12+6 bajo emisivo	0,009	HC/m2

		8+14+5+5 con argón, bajo emisivo y control solar	0,01	HC/m ²
PUERTAS		Madera	-0,007	HC/m ²
		Melaminada	-0,004	HC/m ²
PERSIANAS		Aluminio anodizado enrollable manual	0,11	HC/m ²
		PVC enrollable manual	0,053	HC/m ²
		Madera	-0,023	HC/m ²
REJAS		Acero laminado caliente macizo	-	HC/m ²
BARANDILLAS		Acero	0,05	HC/m
		Aluminio	0,012	HC/m
		Madera	0,003	HC/m

3. ELECTRICIDAD Y CLIMATIZACIÓN

a. Climatización

Según el Anteproyecto (pág. 236), "El complejo se proyectará con arreglo al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), mediante un "anillo hidráulico" de agua atemperada y control de criterios de temperatura para el uso de "freecooling" hidráulico, mediante un sistema centralizado de torres de refrigeración de tipo cerrado, para el enfriamiento del propio. Para el mencionado refuerzo de calor, se recomienda el empleo de sistemas de producción de calor sin emisiones de CO₂ directas, mediante el empleo de aerotermia.

Las torres de refrigeración serán de tipo híbrido cerrado, para poder trabajar como "Drycooler" o como "Wet-cooler", con baterías de tubos y aletas, y sistema para minimizar el penacho de aerosol sobre las torres. Las torres serán construidas en acero galvanizado.

En cada edificio o zona, se ubicará una sala de máquinas con equipos de "hidrotermia" de tipo agua-agua para producción de frío y calor a cuatro tubos, y acumulación de agua caliente sanitaria (ACS) Todos los sistemas de cada edificio funcionarán con recuperación de calor en el porcentaje de la demanda de refrigeración que se considere adecuado en fase de proyecto, tanto para calefacción como para la generación del agua caliente sanitaria (ACS).

Los edificios contarán con un sistema de aire primario mediante climatizadores a cuatro tubos con recuperación de calor del aire expulsado, dimensionado conforme a la estipulado en el (RITE), ubicados en cubierta, con filtrado por polarización activa y sistema germicida de fotocátalisis.

El tratamiento interior de la temperatura de las distintas zonas se realizará mediante "Fancoils" a cuatro tubos, de conductos con ventiladores tipo "Inverter", que reducen automáticamente las revoluciones y la absorción, siendo el sistema de distribución más eficiente y contribuyendo a la mejora de la eficiencia energética de la Ciudad de la Justicia".

b. Terminales

Según el Anteproyecto (pág. 241), "Para la climatización de los distintos espacios interiores, se empleará unidades tipo "Fancoils". Todos los equipos de producción o distribución de refrigeración o calefacción, así como bombas, ventiladores, climatizadores, "Fancoils", etc., deberán disponer de los elementos mínimos de control electrónico, apropiados para su integración directa en el sistema de gestión (BMS). Para los equipos menos relevantes, que no incorporen electrónica propia, o posibilidad de integración por contactos (pequeños extractores o similar), se dispondrán en sus correspondientes cuadros eléctricos".

c. Canalizaciones

Según el Anteproyecto (pág. 242), "Para la elaboración de la red de conductos de ventilación, se emplearán conductos metálicos aislados, de acuerdo al (RITE), en el exterior, y verticales (con chapa de aluminio en exterior), y conductos de fibra de vidrio tipo "climaver neto" para recorridos interiores horizontales".

d. Grupo de presión de agua contra incendios

Según el Anteproyecto (pág. 250), "dispondrá de una bomba principal eléctrica alimentada desde suministro de REDGrupo, bomba Diésel con sistema de acumulación de gasoil incorporado, con la autonomía mínima normativa, y una bomba tipo "jockey". El sistema incluirá una solución óptima, diseñada en fase de redacción de proyecto, para la refrigeración del motor diésel durante su funcionamiento, siendo preferible la refrigeración integrada mediante la recirculación de agua del propio sistema. El depósito de gasoil del grupo de presión de agua contra incendios estará conectado a la red de distribución de gasoil, para el llenado del propio grupo electrógeno que de servicio al edificio de instalaciones".

Según OERCO2:

CAPÍTULO 4: ELECTRICIDAD Y CLIMATIZACIÓN				
SECCIÓN		ALTERNATIVAS	VALOR	UNIDAD
CLIMATIZACIÓN	AIRE ACONDICIONADO	Equipo compacto	1,413	HC/u
		Sistema partido por conductos	1,214	HC/u
		Bomba de calor	3,455	HC/u
		Unidad VFR inventer	0,463	HC/u
	UNIDADES TERMINALES	Terminal de techo	0,432	HC/u
		Terminal de consola	0,431	HC/u
		Terminal tipo apartamento	0,651	HC/u
	CONDUCTOS	Fibra de vidrio	0,006	HC/m2
		Acero galvanizado	0,087	HC/m2
	CANALIZACIONES	Acero galvanizado empotrado	0,004	HC/m
		Acero galvanizado superficial	0,013	HC/m
	RADIADORES	Simple de acero	0,083	HC/m2
		Aluminio inyectado	0,081	HC/m2
Hierro fundido		0,105	HC/m2	

	CALDERAS	Chapa de acero	0,488	HC/m2
		Gasóleo	1,344	HC/u
		Combustible sólido	0,726	HC/u
		Mural gas	0,436	HC/u
		Mural mixta eléctrica	0,293	HC/u

4. FONTANERÍA Y SANEAMIENTO

a. ACS, canalizaciones y aislamientos

Según el Anteproyecto (pág 193), "La distribución de agua sanitaria, desde los dos depósitos acumuladores generales hasta los depósitos acumuladores parciales de los distintos edificios, se realizará a través de la galería de instalaciones, diseñada en esquema de anillo, facilitando de esta manera su mantenimiento, sin afectar al resto de las conexiones en caso de rotura. La sustentación y soportes de la red de tuberías para agua sanitaria, se adecuará a los siguientes criterios generales: Tuberías en galería, en cubierta o zonas exteriores (estructura tipo carril de montaje sea en acabado con alta protección frente a la corrosión) y tuberías en interior de edificios (estructuras de tipo carril de montaje en acabado galvanizado). Para el soportado de tuberías de agua fría se deben montar con abrazaderas de refrigeración, material en Espuma de Poliuretano RG 250 kg/m³ de densidad bruta.

En cuanto a los aislamientos:

- Salas de máquinas, zonas exteriores y lugares visibles: o Coquilla de lana de roca tipo "Isover", o similar, recogida con venda y acabado en chapa de aluminio.
- Tuberías distribución agua fría, zonas interiores y patinillos: o Coquilla elastomérica con barrera de vapor tipo "Armaflex" AF, o similar.
- Tuberías de distribución agua caliente, zonas interiores y patinillos: o Coquilla elastomérica tipo "Armaflex" SH, o similar.

b. Agua

Según el Anteproyecto (pág 182), "Se instalarán fuentes de agua potable en áreas generales de circulación y espera de público. Éstas serán de acero inoxidable y se situarán de forma que se impida que el chorro de agua llegue al punto eléctrico".

c. Saneamiento

Según el Anteproyecto (pág 204), "Los desagües de P.V.C. rígido estarán exentos de plastificantes en su composición. Todos los colectores enterrados serán de gres vitrificado".

Según OERCO2:

CAPÍTULO 5: FONTANERÍA Y SANEAMIENTO

SECCIÓN		ALTERNATIVAS	VALOR	UNIDAD
SUMINISTRO DE AGUA Y SALUBRIDAD	CANALIZACIÓN AGUA FRÍA	Cobre	0,004	HC/m
		Acero galvanizado	0,003	HC/m
		polietileno	0,002	HC/m
		Polipropileno	0,005	HC/m
	CANALIZACIÓN AGUA CALIENTE	Cobre	0,005	HC/m
		Acero galvanizado	0,007	HC/m
		Polipropileno	0,005	HC/m
	DESAGÜES	PVC	0,02	HC/u
		Polipropileno	0,017	HC/u
	VENTILACIÓN	Hormigón	0,007	HC/m
		Cerámico	0,004	HC/m
		Acero galvanizado helicoidal	0,022	HC/m
ACS	TERMOS	Gas	0,278	HC/u
		Eléctrico	0,127	HC/u
		Cartón-yeso	0,019	HC/m2
SANEAMIENTO	ARQUETAS	In situ	0,176	HC/u
		Prefabricadas	0,771	HC/u
	COLECTORES	PVC	0,009	HC/m
		Hormigón	0,042	HC/m
		Fibrocemento	0,035	HC/m
		Polietileno	0,01	HC/m
	BAJANTES Y CAZOLETAS	Chapa de cinc	0,004	HC/m
		Chapa de acero	0,021	HC/m
		PVC reforzado	0,005	HC/m
		Polipropileno	0,011	HC/m
Fibrocemento		0,025	HC/m	

7.4. RESULTADOS FINALES

Para la obtención de las toneladas de CO2 equivalentes a la edificación de la Ciudad de la Justicia, se ha obtenido un modelo de edificio promedio que introducir en la herramienta, cuyas propiedades son:

- 2,9 módulos de base, que equivalen a 2.365 m² de superficie (815,5 m² cada módulo)
- 5 plantas, que es el máximo preciso que permite introducir la herramienta, con un total de superficie construida de 11.825 m².
- 14,5 módulos edificables en total.

Los resultados que se obtienen para **1 edificio** sin contar los sótanos son:

MATERIALES / MAQUINARIA

Presupuesto ambiental (t CO2eq)	5.735,4966	121,6135	5.857,1101
Presupuesto ambiental (t CO2eq/ m2)	0,4850	0,0103	0,4953

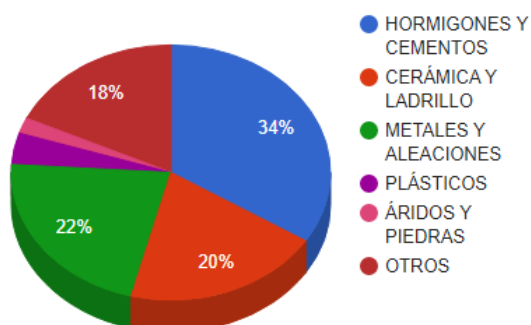
Utilizando las siguientes horas de construcción estimadas:

HORAS MANO DE OBRA	HORAS MANIPULADOR MAQUINARIA	TOTAL DE HORAS
130.425	4.579	135.004

Con la siguiente huella de carbono (toneladas de CO2 equivalente) por materiales utilizados:

HUELLA DE CARBONO POR FAMILIA DE MATERIALES EN PROYECTO									
	HORMIGONES Y CEMENTOS	CERÁMIC Y LADRILLO	MADERA	METALES Y ALEACIONES	PLÁSTICO	AGUA	ÁRIDOS Y PIEDRAS	YESOS Y PASTAS	OTROS
HC TOTAL	1.992,63	1.193,74	-65,27	1.292,84	199,98	5,22	76,63	11,83	1.033,05
HC/m2	0,17	0,10	-0,01	0,11	0,02	0,00	0,01	0,00	0,09

HC/m2



Con la siguiente huella de carbono por capítulos del proyecto:

HUELLA POR CAPÍTULOS DEL PROYECTO	HC TOTAL	HC/m ²	%
C02.: ACOND. DE TERRENOS	0,000	0,000	0 %
C03.: CIMENTACIONES	688,305	0,058	11,75 %
C04.: SANEAMIENTO	31,029	0,003	0,53 %
C05.: ESTRUCTURAS	1.427,111	0,121	24,37 %
C06.: ALBAÑILERIA	1.634,985	0,138	27,91 %
C07.: CUBIERTAS	188,307	0,016	3,22 %
C08.1: INST. CLIMATIZACION Y VENT.	218,012	0,018	3,72 %
C08.2: INST. ELÉCTRICAS	391,589	0,033	6,69 %
C08.3: INST. AGUA (SUM. Y EVAC.)	433,542	0,037	7,4 %
C08.4: INST. PROD. AGUA CALIENTE SANITARIA	207,207	0,018	3,54 %
C08.5: INST. ACCESIBILIDAD	0,000	0,000	0 %
C09. AISLAMIENTOS	24,347	0,002	0,42 %
C10. REVESTIMIENTOS	206,836	0,017	3,53 %
C11. CARPINTERIA, SEG. Y PROT.	253,641	0,021	4,33 %
C12. VIDRIERÍA	14,267	0,001	0,24 %
C13. PINTURAS	137,932	0,012	2,35 %

Finalmente, la huella de carbono obtenida por edificio (5.857 toneladas de CO₂) se multiplica por el número de edificios previstos para la Ciudad de la Justicia, que son 15, resultando una huella de edificación sobre rasante de 87.855 toneladas de CO₂.

A este resultado se le añade la huella de carbono de la superficie construida bajo rasante, que es la suma de emisiones de CO₂ equivalente de:

- la excavación de los sótanos según DEFRA 2021: 712,5 toneladas de CO₂.
- la construcción de los sótanos según OERCO2: 84.952 toneladas de CO₂

De esta forma, quedarían los siguientes resultados finales estimados:

	HUELLA DE CARBONO TOTAL (tCO ₂) CIUDAD DE LA JUSTICIA	Superficie edificada (m ²)	HUELLA DE CARBONO (tCO ₂ /m ²) CIUDAD DE LA JUSTICIA
Sobre rasante	87.855	177.375	0,49
Bajo rasante (mov. tierras + sótanos)	85.664,5	175.987	0,48
TOTAL	173.519,5	353.362	0,491

La huella de carbono estimada sería de 491 kg CO₂ por metro cuadrado construido. Deben tenerse en cuenta las siguientes imprecisiones derivadas de la flexibilidad de actuación:

- Las alternativas escogidas y tomadas como modelo pueden cambiar en el Proyecto Constructivo
- No tiene en cuenta el mobiliario por cuestiones de simplificación de datos.
- La construcción de los sótanos está estimada como si fueran módulos básicos.

8. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO SEGÚN EL PLAN NACIONAL PNACC 2021-2030

La presente regulación de las parcelas 6 y 7 del APE.16.11 conlleva de manera intrínseca un impacto en el entorno y la emisión de ciertos contaminantes que pueden contribuir a los efectos del cambio climático. Por este hecho y por la necesidad de desarrollo de infraestructuras resilientes a los efectos del cambio climático, esta actividad debe llevarse a cabo de acuerdo a las líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) y la vigente ordenanza local 4/2021, del 30 de marzo, de calidad del aire y sostenibilidad.

El PNACC se configura como un instrumento de planificación para promover acciones ante las necesidades y requisitos que presenta el cambio climático en los diferentes ámbitos de la sociedad. Éste define objetivos, criterios, ámbitos de aplicación y acciones para construir resiliencia, anticipar y minimizar daños, y definir las orientaciones para los sectores y la sociedad.

Este plan consta de 81 líneas de acción a desarrollar en los diferentes sectores del país organizadas en 18 ámbitos de trabajo entre los que destacan salud humana, agua y recursos hídricos, patrimonio natural, biodiversidad y áreas protegidas, costas y medio marino, protección forestal, lucha contra la desertificación, agricultura y ganadería o seguridad alimentaria.

Este nuevo PNACC, que consta de un plazo de 10 años (2021-2030), tiene como principal objetivo establecer una hoja de ruta que identifique soluciones a necesidades de adaptación al cambio climático en España, con el fin de evitar o reducir los riesgos económicos, sociales y ecológicos y favorecer una mejor preparación para la recuperación tras los impactos y la reciente crisis sanitaria.

Por su parte, la ordenanza local 4/2021 tiene como objeto regular, en el ejercicio de las competencias municipales sobre medio ambiente urbano, las medidas necesarias para preservar y mejorar la calidad del aire, con el fin de proteger la salud de las personas, la calidad de vida y el medio ambiente, así como promover la eficiencia energética para procurar la sostenibilidad ambiental. Para ello, esa norma se articula en 3 ejes principales:

- Preservar y mejorar la calidad del aire de la ciudad, dando cobertura normativa a las medidas que se adopten en aplicación de los planes de mejora de la calidad del aire o planes de acción a corto plazo contra la contaminación atmosférica.
- Proteger la salud y el medio ambiente frente a las emisiones susceptibles de ocasionar molestias a la ciudadanía.
- Promover la eficiencia energética y el uso de energías renovables para procurar la sostenibilidad ambiental

La actividad que ocupa el presente informe entra en el ámbito de aplicación de la ordenanza, debido a la emisión de partículas y gases en los estados pre y post operacional. Además, los edificios de nueva

construcción deberán ser de "consumo de energía casi nulo", conforme a lo establecido en la normativa de eficiencia energética, y reducir su dependencia energética.

Con el fin de aprovechar al máximo las posibilidades que la arquitectura pasiva ofrece para la reducción de la demanda energética y la optimización de la eficiencia energética, todas las nuevas edificaciones deberán diseñarse y construirse:

- Con orientación predominante al sur y distribución de huecos de fachada de tamaño adecuado a la orientación, con el fin de optimizar la radiación solar para el calentamiento pasivo y la iluminación interior, garantizando una protección solar adecuada en verano.
- Favoreciendo las ventilaciones naturales entre las fachadas de orientación opuesta en los edificios y el aprovechamiento de los vientos predominantes.
- Priorizando las medidas pasivas frente a las activas para mejorar la calificación energética del edificio.

En los proyectos de edificación se deberá incluir un estudio específico sobre ahorro y eficiencia energética que contemple el consumo de energía primaria no renovable y las emisiones según la normativa aplicable en la materia, en el que se justifique el cumplimiento de la calificación energética, que deberá ser la siguiente:

- Los nuevos edificios deben alcanzar la calificación energética B.
- Los nuevos edificios propiedad municipal deben alcanzar la calificación energética A.

Esta calificación energética debe alcanzarse mediante actuaciones en las cuales el valor económico de la energía ahorrada debe ser siempre mayor que la sobreinversión en el medio y largo plazo. Las nuevas edificaciones que se proyecten deberán reunir ciertas condiciones:

- Contarán con sistemas de aprovechamiento de energía renovable conforme a los siguientes apartados de este artículo.
- Destinarán como mínimo una superficie equivalente al 50% de la ocupación de parcela para la instalación de sistemas de aprovechamiento de energía solar, que se situarán preferiblemente en cubierta. Esta reserva de superficie no será preceptiva cuando el edificio no cuente con acceso al sol por sombras externas.
- En los casos en que no sea viable la implantación de las instalaciones de energía renovable en la parcela de las nuevas edificaciones, deberá satisfacerse la contribución de energías renovables para cubrir la demanda de ACS y la generación de energía eléctrica a través de otras fórmulas, tales como las comunidades de energías renovables, la conexión a redes de distribución de energía térmica renovable en el entorno próximo, o constituyéndose derechos de servidumbre para la implantación de la instalación propia en las proximidades. Estas servidumbres deberán ser inscritas en el Registro de la Propiedad.
- Deberán disponer de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos conforme a lo dispuesto en el artículo 45.

- Destinarán locales o espacios cubiertos para el depósito de bicicletas, vehículos de movilidad urbana cero emisiones y de distribución urbana de mercancías.

9. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS PARA LA CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO

A continuación, se recogen una serie de propuestas destinadas a reducir los efectos en el medio resultado de la construcción y la actividad (de carácter post operacional) del Campus de la Justicia.

Los edificios resultantes de un proceso constructivo, así como las infraestructuras necesarias para favorecer la accesibilidad, generan importantes impactos al medio en todo su ciclo de vida. Este incluye la extracción de las materias primas necesarias, la fabricación de los materiales de construcción, el proceso de construcción del edificio y la actividad específica que tenga lugar en las instalaciones, de la cual dependerá el ciclo de vida de los materiales.

Esto genera diversas afecciones al entorno que pueden ver su influencia reducida si el conjunto de agentes que intervienen en las diferentes etapas del ciclo de vida de construcción y desarrollo de actividad del edificio se centran en dos aspectos fundamentales:

- Fase de diseño
- Fase de construcción y equipamiento

9.1. Fase de diseño

9.1.1. Eficiencia energética

El aprovechamiento energético de fuentes naturales (el sol) previsto desde la fase de diseño, reduce las demandas de energía artificial necesarias para mantener un confort y una iluminación en interiores. Para ello, es indispensable tomar diferentes medidas:

- a. Cumplimiento exhaustivo de la legislación ambiental, especialmente aquella en materia de Calificación de Eficiencia Energética de las edificaciones.
- b. Promoción e integración de soluciones más limpias de acceso a la zona de estudio (transporte colectivo, transporte alternativo, recarga de vehículos eléctricos...).
- c. Contemplar la utilización de materiales constructivos que requieran una menor huella de carbono para su fabricación, como las alternativas mostradas en el apartado 7.3 Evaluación de alternativas constructivas de la huella de carbono.
- d. Diseño de huecos contando con las condiciones de radiación solar, según orientación y obstáculos correspondientes, aplicando las medidas correctoras adecuadas para garantizar el confort higrotérmico y la reducción de demanda energética propia de un edificio de consumo de energía casi nulo: toldos, viseras, persianas exteriores o interiores, vidrios con más o menos factor solar, bajo emisivos, doble o triple vidrio, cámara con gases inertes, etc.

También se considera la elección de marcos con baja transmitancia y con un buen control de las filtraciones de aire. El resultado del conjunto permitirá optimizar la iluminación natural al tiempo

que se minimizan las pérdidas energéticas en tiempo frío o exceso de ganancias solares en tiempo cálido.

- e. Empleo de materiales con alto albedo solar para los diversos materiales de acabado final en las cubiertas, como grava blanca, losas filtrantes de colores claros, o bien ajardinamiento en cubierta vegetal con especies autóctonas de la zona. Esto permitirá reducir la temperatura interior naturalmente y, con ello, la demanda de climatización fría en verano.
- f. Se tendrán en cuenta métodos de generación de energía renovable como parte del abastecimiento del edificio, como paneles solares térmicos y fotovoltaicos.
- g. Se priorizará siempre la graduación y manipulación de la entrada de luz solar desde la etapa de diseño (toldos, lamas, persianas, sensores de luz...) que permitan la adaptación del consumo energético a las necesidades estacionales.
- h. Se integrarán soluciones bioclimáticas vegetales en el diseño constructivo, como se desarrolla en el siguiente punto.

9.1.2. Integración de ajardinamientos y cubiertas vegetales en el diseño constructivo

A modo de respuesta versátil ante los impactos producidos durante la construcción y vida útil del conjunto de edificios, oficinas y demás dotaciones que componen el Campus de la Justicia de Valdebebas, se estudiará la instalación de techado verde y la construcción de jardines verticales. Estas medidas están contempladas en la Nueva Agenda Urbana de vivienda y desarrollo urbano sostenible de la ONU (2016), como respuesta a la actual crisis climática y orientada a la construcción de edificaciones más sostenibles en los grandes núcleos poblacionales.

Su estructura se compone de varias capas, que consisten de un medio de soporte estructural impermeabilizado para evitar problemas de humedades, un sistema de drenaje y ventilación y por último un sustrato con la vegetación elegida. Al cubrir la azotea con dicha composición, se consigue romper con el efecto de isla de calor (que consiste en absorción de la energía por el día y el mantenimiento del calor por la noche) resultado de las grandes concentraciones de asfalto y cemento, ayudando a disminuir el impacto. Además de esto, los tejados verdes tienen otros beneficios, como pueden ser:

- La producción de O₂ y absorción de CO₂ (mejora de la calidad del aire)
- Filtración de partículas de polvo y contaminación.
- Disminución de la temperatura de los techos.
- Creación de una capa aislante extra.
- Retención de agua pluvial, previniendo periodos de inundación.
- Reducción de los niveles de contaminación sonora.
- Posibilidad de ser contruidos con materiales reciclados, disminuyendo su huella de carbono.
- Posibilidad de ser espacios públicos como jardines o áreas recreativas.

- Mejora del paisaje urbano.

Hay dos tipos de tejado verde: intensivos, con plantas separadas en pequeños parterres por tamaño y clases, o extensivos, en los que se imita una situación natural en la que las especies crecen libremente. Independientemente de la elección del tipo de tejado, para el presente proyecto es recomendable la elección de especies de flora locales herbáceas o arbustivas de pequeño tamaño que se pudiesen encontrar naturalmente en el clima mediterráneo continental. Especies de mayor tamaño estarían excluidas, pues no se puede conseguir una profundidad del sustrato adecuada para el crecimiento las raíces de los árboles. La elección de especies autóctonas sería una decisión clave a la hora de ayudar a conservar la ecología del entorno, ya que introducir especies exóticas altera el entorno en el que se ubican. Para ello, se recomienda la elección de las siguientes especies:

- Esparto (*Macrochloa tenacissima*)
- Cantueso (*Lavandula stoechas ssp.pedunculata*)
- Romero (*Rosmarinus officinalis*)
- Tomillo blanco (*Thymus mastichina*)
- Tomillo salsero (*Thymus zygis*)
- Grama común (*Cynodon dactylon*)

Estos ejemplares pueden ser encontrados comúnmente en el clima en el que se sitúa el proyecto, son de bajo mantenimiento y ofrecen buena cobertura del espacio, además de ser plantas aromáticas en algunos casos. Por otro lado, los jardines verticales cumplen una función y estructura muy similares a los techos verdes y comparten ciertas características y beneficios (función aislante, mejora de la calidad del aire, posibilidad de uso de materiales usados, etc.), y pueden jugar con la orientación del edificio para aplicar sus capacidades aislantes en las caras con mayor incidencia solar. No obstante, al encontrarnos en una zona de llanura, no encontramos demasiadas plantas trepadoras o rupestres entre la flora local, por lo que habría que optar por las especies ya sugeridas y monitorizar su desarrollo en su versión vertical.

Para las zonas ajardinadas exteriores, además de las especies de plantas aromáticas sugeridas, se recomienda la plantación de ejemplares de árboles autóctonos de gran cobertura para proporciona sombra, con el fin de disminuir el impacto del efecto de isla de calor. Algunas especies apropiadas podrían ser:

- Madroño (*Arbutus unedo*)
- Sauco (*Sambucus nigra*)
- Tejo (*Taxus baccata*)
- Serbal (*Sorbus aucuparia*)
- Fresno (*Fraxinus excelsior*)
- Encina (*Quercus ilex*)

9.2. Fase de construcción y equipamiento

9.2.1. Consumo eficiente de recursos y gestión de residuos en la fase constructiva

Los recursos se dividen entre renovables y no renovables, dependiendo en la ratio de regeneración a escala humana que presenten. Independientemente de esta clasificación, ambos tipos de recursos deben ser aprovechados sin afectar al equilibrio ecológico del que depende, y para ello es recomendable seguir una serie de buenas prácticas:

- Priorización del aprovechamiento al máximo a los recursos (minimización de recursos de nuevo origen), siendo esencial para ello la reutilización y reciclado de materiales sólidos (especialmente de áridos) dentro de obra, siempre que sea posible. El diseño de estos planes debe estar incluidos dentro del Plan de Obra de edificación para asegurar su integración precisa.

Un consumo de recursos eficiente influye directamente en el volumen de residuos a gestionar. El origen de los residuos en obras se puede clasificar entre: recortes y sobrantes de baja calidad, embalajes de los propios recursos, residuos y emisiones producidos por el transporte de los mismos etc.

Se plantea su aprovechamiento máximo y su reutilización in situ como medidas preferentes, igual que sucede con los recursos.

9.2.2. Reducción de emisiones

Las emisiones desde los distintos focos de contaminantes pueden alterar el equilibrio del entorno hasta el punto de perturbar la estabilidad del medio y la salud de los seres vivos. Estos focos pueden contaminar por el hecho de añadir determinados gases en la atmósfera y descomponer otros, aumentar el índice de partículas en suspensión (polvo) y de los compuestos orgánicos volátiles (COV). En vista de intentar reducir el número de emisiones ocasionadas por la presente actividad, hay ciertas acciones que pueden ser llevadas a cabo:

- Trabajar en zonas ventiladas durante las tareas generadoras de partículas o esquirlas (trabajos de corte, lijado, pintado, sellado, etc.), y utilizar sistemas de aspiración y de protección cuando sea necesario.
- Utilizar vehículos y maquinaria con el mejor rendimiento posible y realizar mantenimientos periódicos que aumenten su vida útil, así como optimizar las rutas de transporte.
- La compra de productos menos perjudiciales para el medio ambiente y para la salud del usuario, como es el caso de pinturas y disolventes avaladas por un etiquetado ecológico de tipo I, II o III, que garantice un menor impacto.
- Regar las zonas que levanten polvo durante los trabajos de movimiento de tierras, demolición, etc., especialmente en un entorno urbano.
- Ceñirse a los horarios de trabajo y utilizar maquinaria que respete los límites sonoros establecidos por la ley, especialmente en un entorno urbano.

9.2.4. Control de gases refrigerantes

Los gases refrigerantes utilizados por diferentes equipos (especialmente los equipos de climatización), tienen un poder calorífico muy alto en equivalencia de CO₂, por lo que es primordial tener en cuenta medidas de control:

- Seguir un control riguroso del mantenimiento de los equipos para evitar las fugas de estos gases.
- Dotar las nuevas edificaciones con equipos que utilicen una cantidad mínima de gases refrigerantes y en caso de usarlos, que tengan un Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCI) lo más bajo posible.

A continuación, se muestran los gases refrigerantes más comunes, ordenados de menor a mayor PCI:

Tipo de gas refrigerante	PCI (KgCO ₂ /Kg)
R-134a	1.430
R-453A	1.765
R-407C	1.774
R22	1.810
R-410A	2.088
R-417A	2.346
R-404A	3.922

Fig. 57 : PCI de los principales gases refrigerantes. Fuente: Miteco, "Factores de emisión: Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono de abril 2021 (Versión 17), IPCC: Cuarto Informe de Evaluación"

10. CONCLUSIONES FINALES

El escenario futuro en 2030 plantearía un impacto evidente en la calidad atmosférica del entorno del Valdebebas, aumentando el nivel de inmisión de gases contaminantes obtenidos con la herramienta COPERT 5.5 y la metodología *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (2019)*:

EMISIÓN	COMPARACIÓN EMISIONES TOTALES (T)			
	PREOPERACIONAL (2019)	POSTOPERACIONAL (2030)	AUMENTO DE EMISIONES TOTALES DE 2019 A 2030	FRACCIÓN DE AUMENTO
CO	318,28	1.155,06	836,78	3,63
NMVOG	166,14	479,86	313,34	2,89
CH4	144,46	367,80	23,34	2,55
NOX	983,29	2.428,22	1.444,93	2,47
PM	3,11	6,96	3,85	2,24
CO2	84.364,43	205.241,32	120.876,89	2,43
SO2	0,07	0,28	0,21	3,83

Fig. 58: Comparativa final de emisiones entre el escenario preoperacional y el postoperacional. Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla y a lo largo de todo el estudio pre y postoperacional, se observa un importante aumento de la cantidad de emisiones para todos los contaminantes, en especial de CO, SO₂ Y NMVOG. El alto porcentaje de aumento se debe principalmente **a un escenario de partida (2019) con muy bajas emisiones**, al tratarse de un espacio con un escaso grado de urbanización, una amplia superficie desocupada y un reclamo menor de atracción del público, a excepción de los eventos puntuales organizados por el Ifema y la Ciudad Deportiva.

Este aumento de emisiones vendría dado principalmente por **el incremento en viajes de transporte por carretera**, responsable de al menos el 60% de las emisiones de contaminantes de todos los gases menos del SO₂. Estas emisiones pueden propiciar el aumento de otros contaminantes estudiados en el apartado 4.3 (Análisis de calidad del aire), como es el caso del ozono.

Además del transporte, el incremento del número de viviendas habitadas, la actividad del sector terciario y el dotacional también contribuyen al aumento de inmisiones de contaminantes originados por calderas y climatización. Por lo tanto, como se ha definido en el apartado 4, el distrito de Valdebebas sigue un comportamiento de evolución muy similar a Madrid, pero sin presencia de sector industrial.

Aunque la construcción de la Ciudad de la Justicia y el Hospital de Emergencias Isabel Zendal tiene capacidad para convertirse en un reclamo de asentamiento residencial, la planificación urbanística ya contempla el crecimiento económico y constructivo de la zona. Por tanto, a las parcelas de estudio **solamente se le atribuyen emisiones directas de su funcionamiento y emisiones indirectas del tráfico asociado** a las mismas, sin contar el sector residencial-terciario:

EMISIÓN	EMISIONES ANUALES (T)					
	TOTAL POSTOPERACIONAL	RESIDENCIAL + Terciario	TRÁFICO ASOCIADO	CIUDAD JUSTICIA + HOSP. ZENDAL (Directas)	TRÁFICO ASOCIADO (Indirectas)	% DE ATRIBUCIÓN AL PROYECTO
CO	1.155,06	111,21	799,52	2,34	241,98	21,15
NM VOC	479,86	2,71	355,42	0,05	121,67	25,37
CH4	367,80	90,42	198,42	1,90	77,06	21,47
NOX	2.428,22	45,21	1.729,48	0,95	652,58	26,91
PM	6,96	2,62	3,34	0,05	0,94	14,33
CO2	205.241,31	50.632,43	112.509,5	1.066,28	41.033,11	20,51
SO2	0,28	0,27	0,00	0,01	-	2,06

Fig. 59: Grado de atribución al Proyecto respecto las emisiones totales en la zona de estudio. Fuente: elaboración propia

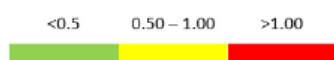
Como puede observarse en la tabla anterior, en la zona de estudio **contribuyen bastante menos las parcelas Ciudad de la Justicia + Hospital Zendal que el sector residencial-terciario**, por lo que el grado de control sobre la calidad atmosférica del escenario postoperacional es limitado (20-25%). Además, respecto a las emisiones de las parcelas de estudio, **la mayoría son originadas por el tráfico de acceso** con una enorme diferencia, **no por el funcionamiento de dichas instalaciones**. Por tanto, las medidas más efectivas para disminuir los contaminantes irían encaminadas a promover el transporte público y facilitar el aparcamiento de vehículos eléctricos, dos medidas que ya contempla el Anteproyecto Ciudad de la Justicia.

Por otro lado, es importante destacar que los nuevos niveles de inmisión de contaminantes esperados en la zona derivados de la Ciudad de la Justicia no son producto de una nueva generación de emisiones, sino **un desplazamiento de las emisiones dispersas que ya existen asociadas a los organismos judiciales**.

Por último, no puede asegurarse un aterrizaje de estos cálculos teóricos a la situación de calidad del aire de la zona de estudio para el escenario 2030, puesto que factores como el viento, la meteorología y el clima, el poder de dispersión de los contaminantes y la evolución de los territorios colindantes con la zona de estudio en el futuro, tienen un papel fundamental para conocer los niveles de inmisión de contaminantes en 2030.

Por otra parte, la huella de carbono ha sido calculada a través de la herramienta OERCO2 y de los factores de emisión de DEFRA 2021, para dar un total de 173.519,5 toneladas de CO2 como resultado del proceso constructivo de la Ciudad de la Justicia, con una huella de carbono de **491 kg CO2** por metro cuadrado.

Este resultado (0,491 tCO2/m²) presenta un nivel de impacto a camino entre el nivel bajo y el medio según el baremo de la herramienta OERCO2, cuya base de datos abarca numerosos países de la Unión Europea.



Dado que las opciones de similitud de OERCO2 al Proyecto son limitadas, ya que el Anteproyecto prevé medidas climáticas que no pueden contabilizarse con la herramienta, **se espera una huella de carbono**

inferior a la reportada por OERCO2. Esta podría calcularse con precisión cuando se disponga de un Proyecto Básico y un Plan de Obra.

Como puede observarse en el apartado de resultados finales, la construcción de los sótanos tiene una huella de carbono similar a la de los edificios sobre rasante. Esto se debe a que **los materiales (concretamente el hormigón) son los responsables de la mayor parte de las emisiones**, y por tanto, las medidas deberían ir encaminadas a estos elementos.

Para enmarcar y comprender el volumen de CO2 originado por la construcción de la Ciudad de la Justicia, se establecerá una comparativa con las emisiones de CO2 anuales producidas por las parcelas de estudio en funcionamiento, calculadas anteriormente. Para ello, obtenemos dos datos:

- La huella de carbono de la construcción de la Ciudad de la Justicia dividida entre los tres años que durarían las obras según el Anteproyecto, página 79, obteniendo 57.839,83 tCO2 anuales.
- Las emisiones de CO2 equivalentes derivadas de las parcelas en funcionamiento en 2030, considerando los GEIS (CO2 y CH4) e incluidas las instalaciones y su tráfico asociado, obteniendo 44.310,27 tCO2 anuales.

	tCO2 anual durante 3 años	%
Construcción Ciudad de la Justicia	57.839,83	56,62
Funcionamiento Ciudad de la Justicia + H. Zendal	44.310,27	43,38
TOTAL	102.150,10	100,00

Fig. 60: Comparación de emisiones de CO2 entre la fase de construcción y la fase de funcionamiento de las parcelas.

Fuente: elaboración propia

El resultado establece un resultado ligeramente superior de la fase de construcción de la Ciudad de la Justicia respecto a su funcionamiento (incluido el Zendal), hecho que se mantendría durante los 3 años de duración de las obras. Sin embargo, cabe destacar que la huella de carbono de la construcción incluye las emisiones indirectas de la fabricación de los materiales (92% de las emisiones incluyendo el transporte), **por lo que el lugar de emisión apenas tendría impacto en la zona de Valdebebas, en comparación con el resto de focos.**

Los resultados de la huella de carbono de la construcción variarán en función del Proyecto Básico y las alternativas escogidas, pero son importantes para incluir criterios ambientales en la fase de diseño de la Ciudad de la Justicia y para desarrollar Planes de Compensación de Carbono desde las fases previas.

Este volumen de emisiones será compensado con la inclusión de:

- Medidas de eficiencia energética contempladas dentro del Proyecto Básico y del Plan de Obra, incluidas las buenas prácticas ambientales durante la construcción.
- Integración de ajardinamientos y cubiertas vegetales en el diseño constructivo, que actúen de sumideros de carbono y de reductores de la demanda energética. Por ejemplo, suponiendo una

cubierta vegetal en el Proyecto de 66.000 m² (aprox. un 50% de la superficie incluyendo techos verdes y jardines) con un potencial de sumidero de carbono de 5 Kg de CO₂/m² anual¹, se estima una reducción de **331 toneladas de CO₂ al año**.

- Eficiencia y reducción en la utilización de materiales con alta huella de carbono, como es el hormigón.
- Diseño de directrices de acuerdo al Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC).
- Control exhaustivo de gases refrigerantes.
- Mejora del intercambiador de transportes de Valdebebas, propiciando una enorme reducción de las emisiones por tráfico. En caso de suponer una disminución del 10% en el acceso de vehículos con combustible fósil en 2030 (ya sea por el aumento de vehículos eléctricos o por el uso del transporte público), se consideraría una disminución del **10% en NO_x, 9% en CO y 7,5% en CH₄ y CO₂**, según la contribución del tráfico a estos contaminantes.

Con el presente documento se da por concluido el estudio sectorial de contaminación atmosférica anexo al Plan Especial "Campus de la Justicia de Madrid".



Fdo. Lucía Minguela Muñoz

Gda. Ciencias Ambientales

Colegiada nº280 COAMBM



Fdo. Álvaro Pastor León

Gdo. Ciencias Ambientales



Mayo 2022

Por Allpe Ingeniería y Medio Ambiente. S.L.

¹ Fuente: Josep Bové, III Congreso Edificios Energía Casi Nula (2016)