



Expediente: 135-2025-00080

**MODIFICACIÓN PUNTUAL DEL PLAN GENERAL DE
ORDENACIÓN URBANA DE MADRID DE 1997.
PARA DEFINICIÓN DE ACTUACIÓN DE DOTACIÓN EN
PARCELA DO-190 DEL ÁMBITO APE 16.11 “CIUDAD
AEROPORTUARIA Y PARQUE DE VALDEBEBAS”.**

Distrito de Hortaleza y Barajas

**DOCUMENTO AMBIENTAL ESTRATÉGICO
ANEXO III. CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO**



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	ÁMBITO CONSIDERADO EN EL PRESENTE ESTUDIO	3
3	CALIDAD DEL AIRE	4
3.1.	Índice de Calidad del Aire (ICA)	6
3.2.	Contaminantes atmosféricos	7
3.3.	Valores límite, objetivo y umbrales de alerta	8
4	CAMBIO CLIMÁTICO	10
4.1.	Vulnerabilidad frente al Cambio Climático	16
4.2.	Efectos potenciales del planeamiento urbanístico sobre el Cambio Climático	24
4.2.1.	Efectos en relación con los usos propuestos	24
4.2.2.	Efectos relacionados con el tráfico y la movilidad	29
4.2.3.	Isla de calor	34
5	CONTAMINACIÓN LUMÍNICA	38
6	ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO ASOCIADA A LA ACTUACIÓN URBANÍSTICA	39
6.1.	Metodología empleada para el cálculo de la huella de carbono	39
6.2.	Cálculo de la huella de carbono	40
6.2.1.	Parámetros urbanísticos de la MPG	40
6.2.2.	Resultados preliminares del cálculo de la huella de carbono	42
6.3.	Estimación de emisiones asociadas a la fase de operación	43
6.4.	Balance climático	43
7	CONCLUSIONES	43



1 INTRODUCCIÓN

La Ordenanza 4/2021 de Calidad del Aire y Sostenibilidad de Madrid, en su artículo 43 (art. 43) sobre Planeamiento urbanístico, establece que los instrumentos de planeamiento deben integrar criterios de eficiencia energética, uso de energías renovables y calidad del aire.

En los capítulos a continuación se describe la situación actual en cuanto a calidad del aire, contaminantes atmosféricos y cambio climático del ámbito de estudio objeto del presente documento ambiental y se avanzan los potenciales efectos de la actuación propuesta sobre el Cambio Climático.

2 ÁMBITO CONSIDERADO EN EL PRESENTE ESTUDIO

El ámbito objeto del presente estudio se circunscribe espacialmente a la parcela DO-190 objeto de la actuación de dotación, que se localiza dentro del área de planeamiento específico APE 16.11 «Ciudad Aeroportuaria-Parque Valdebebas», situado en la zona norte del término municipal de Madrid, en los distritos de Hortaleza y Barajas.

La parcela, con una superficie total de 1.200.187 m² de suelo, tiene por límites:

- Al norte, la Avenida de las Fuerzas Armadas
- Al este, la calle Carlos Arniches Moltó
- Al sur, la calle Carlos Arniches Moltó y la calle Ariadna, colindantes con la M-12
- Al oeste, la avenida Alejandro de la Sota.



Figura 1. Ámbito considerado para el presente estudio. Fuente: elaboración propia.



3 CALIDAD DEL AIRE

El Ayuntamiento de Madrid cuenta con el Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA), que forma parte fundamental del Sistema Integral de Vigilancia, Predicción e Información sobre la Calidad del Aire (SIVPICA), y está formado por 24 estaciones fijas y una unidad móvil, dotadas de equipos de medida, estaciones fijas de meteorología, una red específica para la evaluación de las partículas PM_{2,5}, y un centro de control.

En la imagen siguiente se muestra la localización y tipología de las estaciones de vigilancia de la calidad del aire en Madrid:

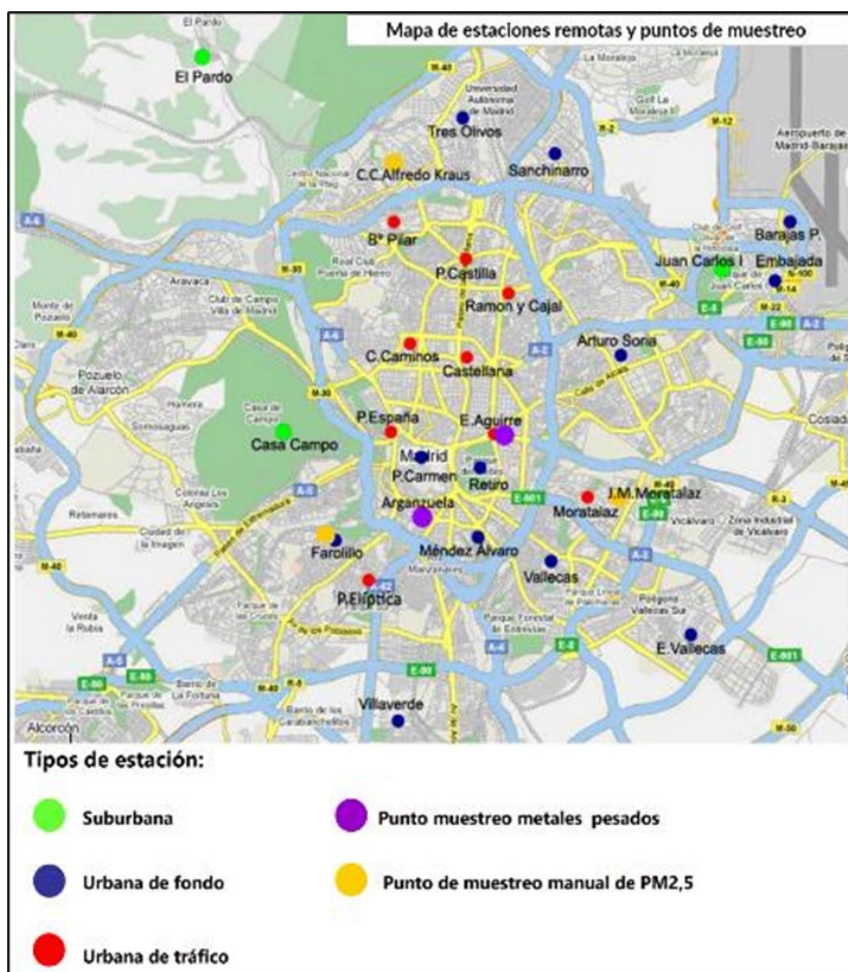


Figura 2. Localización de las estaciones de vigilancia de la calidad del aire en Madrid. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

A su vez, el Ayuntamiento de Madrid divide el municipio en 5 zonas a efectos de la calidad del aire. El ámbito de estudio se encuentra en la zona 3 Noroeste, señalada en la figura a continuación.

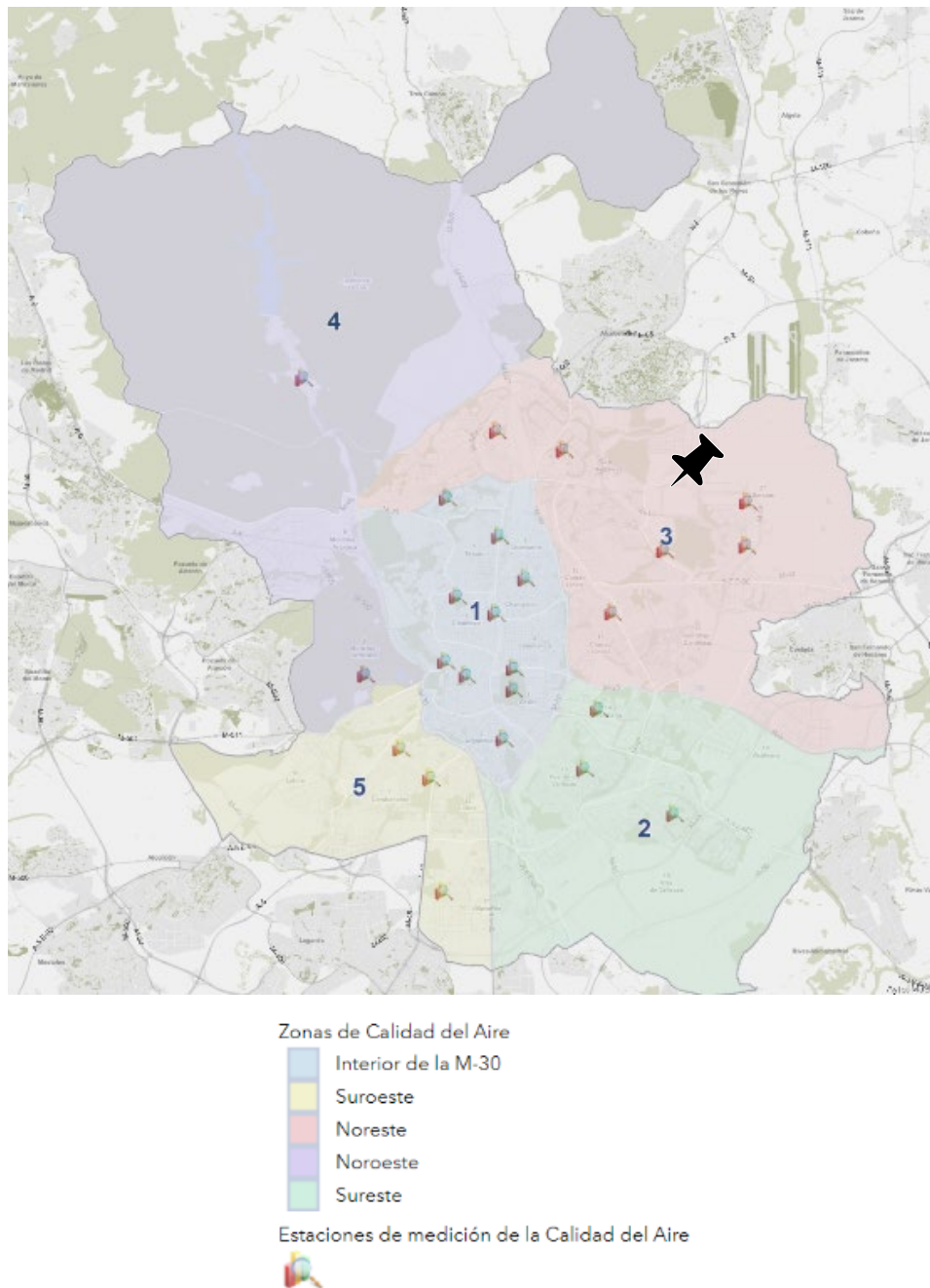


Figura 3. Zonas de Calidad del aire. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

En la imagen siguiente se muestra el ámbito (señalado en color negro) en relación con las estaciones de vigilancia de la Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid más cercanas: estación de Juan Carlos I, al sur, clasificada como suburbana representativa de las afueras de la ciudad la de Barajas Pueblo al este clasificada como de fondo urbano, representativa de la exposición de la población urbana en general y la de Embajada al sureste, clasificada como de fondo urbano y representativa de la exposición de la población urbana en general.

La más cercana y que, por tanto, ofrece mayor representatividad respecto a los datos en coherencia con la localización del ámbito de estudio es la Juan Carlos I:

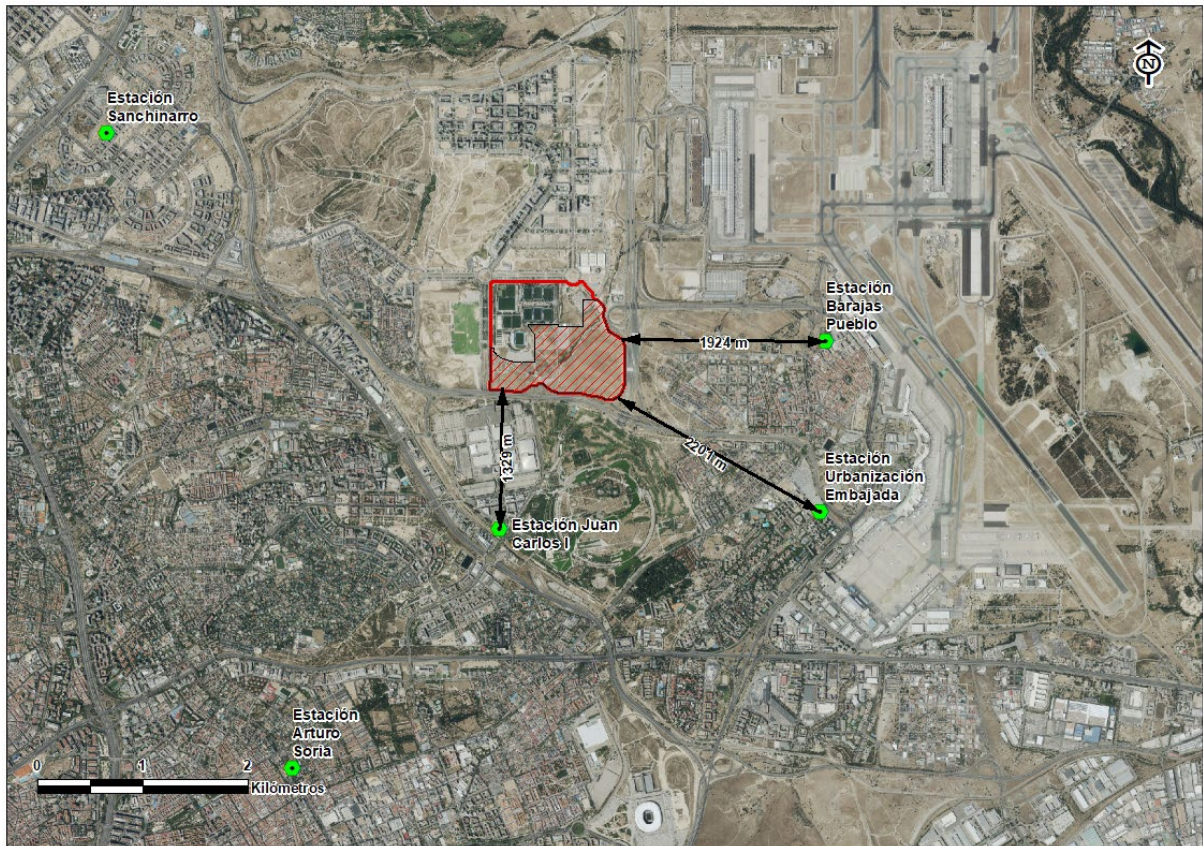


Figura 4. Estaciones de Calidad del Aire más cercanas al ámbito de estudio. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

Junto con los valores de concentración de cada uno de los parámetros que se miden en las estaciones de calidad del aire, el sistema de información de calidad del aire del Ayuntamiento de Madrid ofrece el Índice de Calidad del Aire (ICA), que se obtiene a partir de dichos parámetros.

3.1. Índice de Calidad del Aire (ICA)

El ICA consiste en un valor adimensional calculado a partir de los valores registrados en las estaciones de medida, teniendo en cuenta los valores límite establecidos por la legislación y los efectos nocivos para la salud para varios contaminantes.

Mediante diferentes colores de fácil identificación para el ciudadano, el ICA proporciona información rápida y comprensible sobre el grado de contaminación atmosférica de una determinada zona. Cada color está definido por un adjetivo que expresa la mejor o peor calidad del aire.

Los compuestos que se emplean para calcular el ICA son las partículas en suspensión (PM_{10} y $PM_{2,5}$), dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y ozono. Para cada uno de estos contaminantes se establece un índice parcial, de forma que el peor valor de los cinco definirá el índice global y, por tanto, la calidad del aire en el municipio de Madrid.



Para todos estos contaminantes, el índice horario se calcula a partir de la concentración horaria registrada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en tanto que el índice diario se calcula a partir del valor horario más alto alcanzado durante las 24 horas de cada jornada.

A continuación, se muestra la evolución del ICA y de los contaminantes medidos en la estación considerada (Dióxido de Nitrógeno y Ozono), durante el año 2025:

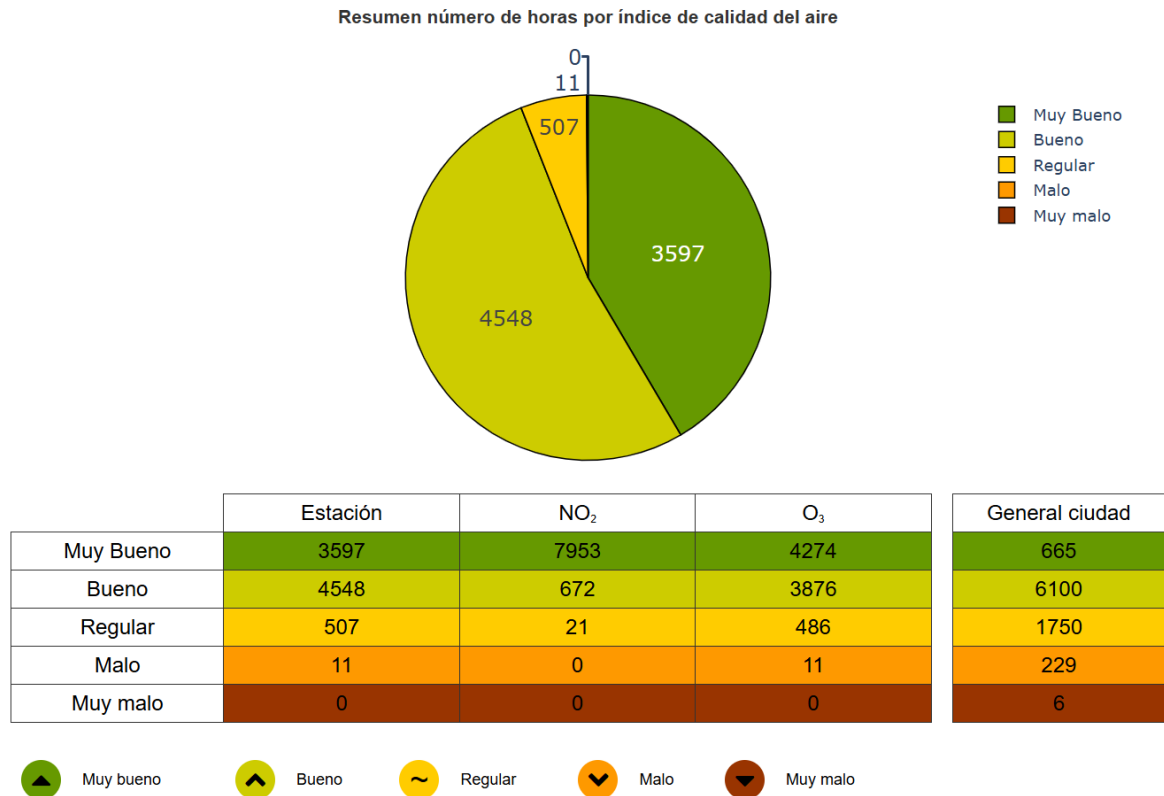
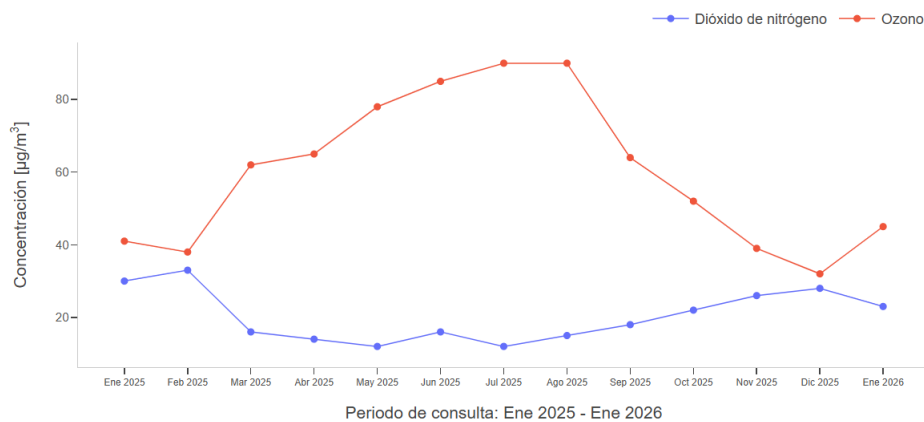


Figura 5. Evolución del ICA y contaminantes estación Juan Carlos I. Fuente: Ayuntamiento de Madrid

3.2. Contaminantes atmosféricos

Se muestra a continuación la evolución de los contaminantes medidos por la estación de Juan Carlos I en el último año.



Nota: Concentraciones medias mensuales medidas en la estación de Juan Carlos I expresadas en µg/m³, para contaminantes y período seleccionados. Esta información puede sufrir variaciones tras su validación definitiva.

Figura 6. Concentraciones medias mensuales de NO₂ y O₃ medidas en la estación Juan Carlos I.
Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

3.3. Valores límite, objetivo y umbrales de alerta

Los valores límite, objetivo y umbrales de información y alerta para la protección de la salud, la vegetación y los ecosistemas, establecidos por el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire son los siguientes:

VALORES LÍMITE Y OBJETIVO

Contaminante	Objeto de protección	Período de análisis	Concentración	Categoría	N.º máximo de superaciones permitidas
NO ₂	Salud	Media anual	40 µg/m ³	Valor límite	18 ocasiones por año civil
	Salud	Media horaria	200 µg/m ³	Valor límite	
NO _x	Vegetación	Media anual	30 µg/m ³	Nivel crítico ⁽¹⁾	
PM ₁₀	Salud	Media anual	40 µg/m ³	Valor límite	35 ocasiones/año
	Salud	Media diaria	50 µg/m ³	Valor límite	
PM _{2,5}	Salud	Media anual	25 µg/m ³	Valor objetivo	
O ₃	Salud	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias AOT40 ⁽³⁾ , calculado a partir de medias horarias de mayo a julio	120 µg/m ³	Valor objetivo	25 días/año, promediados en un periodo de 3 años
	Vegetación		18.000 µg/m ³ x h de promedio en un periodo de 5 años	Valor objetivo	
SO ₂	Salud	Media horaria	350 µg/m ³	Valor límite	
	Salud	Media diaria	125 µg/m ³	Valor límite	



VALORES LÍMITE Y OBJETIVO

Contaminante	Objeto de protección	Período de análisis	Concentración	Categoría	N.º máximo de superaciones permitidas
	Vegetación	Media anual e invierno (del 1 de octubre al 31 de marzo)	20 µg/m ³	Nivel crítico ⁽¹⁾	
CO	Salud	Máxima diaria de las medidas móviles octohorarias	10 mg/m ³	Valor límite	
Benceno (C ₆ H ₆)	Salud	Media anual	5 mg/m ³	Valor límite	
Plomo (Pb)	Salud	Media anual	0,5 µg/m ³	Valor límite	
Arsénico (As)	Salud y ecosistemas	Media anual ⁽²⁾	6 ng/m ³	Valor objetivo	
Cadmio (Cd)	Salud y ecosistemas	Media anual ⁽²⁾	5 ng/m ³	Valor objetivo	
Níquel (Ni)	Salud y ecosistemas	Media anual ⁽²⁾	20 ng/m ³	Valor objetivo	
Benzo (a) pireno	Salud y ecosistemas	Media anual ⁽²⁾	1 ng/m ³	Valor objetivo	

(1) Para la aplicación de este nivel crítico sólo se tomarán en consideración los datos obtenidos en las estaciones de medición definidas en el apartado II.b del anexo III.

(2) Niveles en el aire ambiente en la fracción PM₁₀ como promedio durante un año natural.

(3) Accumulated Ozone Exposure over a threshold of 40 Parts Per Billion.

UMBRALES DE INFORMACIÓN Y ALERTA

Contaminante	Tipo de umbral	Período de análisis	Concentración
NO ₂	Alerta	Media horaria, durante 3 horas consecutivas	400 µg/m ³
O ₃	Información Alerta	Media horaria Media horaria	180 µg/m ³ 240 µg/m ³
SO ₂	Alerta	Media horaria, durante 3 horas consecutivas	500 µg/m ³

En los últimos tres años se han producido superaciones en el umbral de información, si bien no ha habido superaciones del umbral de alerta para los valores de Ozono tal y como se muestra en la tabla siguiente.



Balance anual

Zona	Estación	Contaminante	Valor Límite/Umbrales	2022	2023	2024	2025
Zona 03 (Noreste)	Juan Carlos I	Dióxido de nitrógeno	Valor límite anual = 40 µg/m ³	21	22	20	20
			Número de horas con valor > 200 µg/m ³ (Máximo 18 horas)	0	0	0	0
		Ozono	Superación octohoraria de 120 µg/m ³	18	58	58	70
			Superación del umbral de información 180 µg/m ³	0	15	14	11
			Superación del umbral de alerta 240 µg/m ³	0	0	0	0

Figura 7. Balance anual y superaciones de umbrales en el año 2025 para la estación Juan Carlos I. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

4 CAMBIO CLIMÁTICO

El Cambio Climático es un fenómeno a escala global, provocado por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. En este proceso, las ciudades son un elemento clave, ya que son responsables de más del 70% de las emisiones de estos gases, y a su vez, al igual que otros hábitats, están expuestas con gran vulnerabilidad a sus efectos.

Consciente de este reto ambiental, Madrid desarrolla una estrategia de lucha contra el Cambio Climático desde las vertientes de la mitigación y adaptación.

El carácter global de este fenómeno requiere la coordinación y el trabajo en red entre ciudades, y en este sentido, Madrid forma parte de iniciativas como el Pacto de alcaldes, la Red de Ciudades por el Clima, o el Grupo de Liderazgo Climático C40, que implican asumir compromisos y actuar para combatir las causas y efectos de la alteración del clima.

Entre los compromisos contraídos por la ciudad, se encuentra la mejora de la eficiencia energética y el incremento de energías renovables, con el objetivo de reducir antes del año 2020 el 20% de las emisiones de CO₂, en sintonía con las políticas europeas y los acuerdos internacionales establecidos en el protocolo de Kioto.

En abril de 2022 Madrid fue seleccionada como una de las ciudades para formar parte de la **“Misión de Ciudades Climáticamente neutras e inteligentes de la EU”**.

Entre los hitos a alcanzar destacan:

- Una nueva forma de hacer ciudad integrando la innovación climática en el diseño urbanístico y su gestión. El principal exponente ya en marcha es el ámbito Madrid Nuevo Norte, con la visión de convertirse en el mayor desarrollo urbanístico con un modelo energético electrificado (emisiones cero) de Europa, y cuya experiencia es transferible a otros ámbitos y nodos urbanos de actividad económica.
- La generación de una nueva cultura para los ciudadanos del futuro, a través de escuelas y campus universitarios cero emisiones, que permita avanzar hacia una sociedad con mayor conocimiento y compromiso frente a este desafío global.



- La transformación y regeneración de la ciudad consolidada con los equipamientos y el espacio público actuando como promotores del cambio hacia una ciudad más natural, más cohesionada y con una mayor calidad de vida.

Además, Madrid forma parte del grupo de ciudades '**CitiES 2030: Ciudades Climáticamente Neutras para 2030**' en el marco de NetZeroCities. Se trata de una plataforma de innovación y colaboración orientada a dar servicios a las ciudades españolas que aspiren a ser climáticamente neutras en el año 2030. A través de esta red Madrid espera presentarse a nuevas convocatorias capaces de desarrollar formas innovadoras de colaboración entre ciudades, actores y sectores clave en el desafío conjunto de transformación urbana.

En este contexto, a nivel municipal, en 2021 se aprobó además la nueva **Ordenanza de Calidad del Aire y Sostenibilidad (OCAS)**, adaptada a las nuevas necesidades ambientales de la ciudad y al marco normativo de las diferentes administraciones, incluida la europea.

Otra herramienta es el plan **Madrid 360**, una estrategia de sostenibilidad ambiental nacida con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes de la capital.

El seguimiento de dichas actuaciones y del cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones, se realiza a través de herramientas tales como el inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera y el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del municipio de Madrid.

El Inventario de emisiones contaminantes a la atmósfera establece la base para el análisis coste-beneficio de las medidas de reducción de las emisiones y la definición de las medidas de minimización de la carga contaminante.

El Ayuntamiento de Madrid realiza anualmente este inventario, desde el año 1999, siguiendo la metodología EMEP/CORINAIR.

Los resultados del inventario permiten estimar la carga contaminante total emitida a la atmósfera y la contribución a la misma de las distintas actividades emisoras, y de este modo, alimentar con los datos el modelo de predicción y simulación de la calidad del aire.

Como tarea específica se elabora un **Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)** que considera tanto las emisiones directas (fuentes fijas y móviles) como las indirectas (asociadas al consumo eléctrico).

Conforme al último inventario publicado por el Ayuntamiento de Madrid, correspondiente al año 2023, las emisiones totales de GEI, directas e indirectas, de la ciudad alcanzaron **7.333,4 kt CO_{2eq}**:



EMISIONES DIRECTAS E INDIRECTAS DE GEI (2023)		
	Emisiones (kt CO _{2eq})	Contribución (%)
Directas	5.619,1	76,6
Indirectas	1.714,4	23,4
TOTAL	7.333,4	100

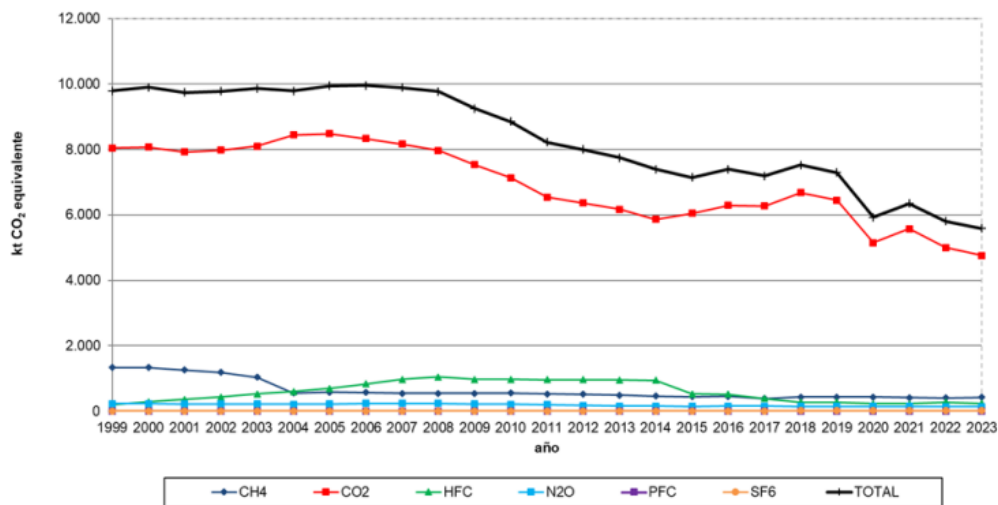


Figura 8. Evolución de las emisiones directas de GEI por tipo de gas sin tener en cuenta absorciones de CO₂ de la naturaleza.

En la figura anterior se muestra, en color naranja, el objetivo fijado por la Hoja de Ruta hacia la Neutralidad Climática para 2050 de la Ciudad de Madrid, que plantea como metas reducir las emisiones totales de la ciudad el 65% en 2030 respecto a 1990, y alcanzar la neutralidad climática en el año 2050. Las emisiones directas en 2023 son un 33% menores que las de 1990 (reducción del 43% respecto a 1999). Durante el periodo 1999-2008, dichas emisiones permanecieron prácticamente constantes, produciéndose posteriormente un importante descenso (del 27% en 2015 respecto a 2008). En 2023, las emisiones directas totales disminuyen un 4% con respecto a 2022.

DESAGREGACIÓN SECTORIAL DEL TOTAL DE EMISIONES DE GEI (2023)

Sector	Emisiones (kt CO _{2eq})	Contribución (%)
Residencial, Comercial e Institucional (RCI)	1.626,1	28,9
Industria*	420,1	7,5
Transporte por carretera	1800,9	32,0
Otros modos de transporte	756,0	13,5
Tratamiento y eliminación de residuos**	671,4	11,9



DESAGREGACIÓN SECTORIAL DEL TOTAL DE EMISIONES DE GEI (2023)		
Otros***	344,7	6,1
TOTAL	5.619,1	100

Desde el punto de vista de la contribución de cada uno de los sectores, el conjunto de los sectores “Transporte por carretera” y “RCI” suponen entre el 61 y el 70% del total de emisiones directas de GEI.

- “RCI”: las emisiones directas de GEI en 2023 son un 37% inferiores a las de 1999. Esta disminución se debe, fundamentalmente, a la mejora tecnológica de los equipos de combustión y a la sustitución de combustibles de alta tasa de emisión (tipo carbón) por otros con menores emisiones por unidad de energía (tipo gas natural). Como ejemplo, en el periodo 1999-2023, el consumo de gas natural ha pasado de suponer el 50% del combustible consumido en el sector, al 80%. A su vez, la contribución del carbón ha pasado del 7% a un valor nulo desde 2022. Respecto a 2022, las emisiones del sector se han reducido en un 9%.
- “Industria”: sus emisiones se han reducido en un 33% en el periodo 1999-2023, debido principalmente al cese de actividad de múltiples empresas. Con respecto al año 2022, tiene lugar un ligero ascenso en las emisiones (próximo al 1%), debido a un ligero incremento en el consumo de gas natural reportado por los principales suministradores. “Transporte por carretera”: sus emisiones han disminuido un 55% en el periodo 1999-2023, siendo este descenso más evidente a partir del año 2007. Esta reducción acumulada en el periodo evaluado se debe a factores como la modificación de los recorridos, las velocidades de circulación y las distribuciones de los recorridos por tipología de vehículo y tecnología, tal y como se deriva de la información recopilada y generada a través del modelo de tráfico del Ayuntamiento de Madrid y del Estudio del Parque Circulante de la Ciudad de Madrid, ediciones 2013, 2017, 2022 y 2024 (AM, 2014; AM, 2018; AM, 2023).
- “Otros modos de transporte”: sus emisiones en 2023 se han incrementado en un 12% con respecto a las de 1999. Esta evolución depende, en gran medida, de las emisiones de los aeropuertos Adolfo Suárez Madrid-Barajas y Cuatro Vientos. La actividad de estos aeropuertos en 2020 disminuyó un 50 y un 25%, respectivamente, con respecto a 2013, año que contaba con la menor actividad del periodo inventariado (medido en número de operaciones de aterrizaje y despegue), hasta ese año 2020. En 2021, las emisiones se incrementaron en un 23% al haberse retomado la actividad tras la pandemia de la COVID-19. En 2023, las emisiones se incrementaron en un 7% con respecto a 2022.
- “Tratamiento y eliminación de residuos”: sus emisiones disminuyen un 56% en el periodo 1999- 2023. Este descenso se debe en gran parte a la reducción de emisiones de CH₄ a partir del 2003, con el comienzo de la captación de biogás de vertedero en el Parque Tecnológico de Valdemingómez. El CH₄ se posiciona



como el GEI con mayor importancia, suponiendo el 54% de las emisiones directas del sector en 2023. Presenta un gran descenso en su emisión desde el año 2012 hasta 2016, como consecuencia del cese de actividad de las plantas de secado térmico de lodos de Sur y Butarque. En 2018, no obstante, la planta de la EDAR Sur recuperó puntualmente su actividad, aumentando de este modo las emisiones asociadas. El siguiente GEI en importancia de este sector es el CO₂, constituyendo el 33% de las emisiones directas del sector en 2023. En relación con las emisiones de N₂O (1,4% de las emisiones directas del sector en 2023), son prácticamente idénticas a las de 1999. Así, la variación de las emisiones directas acontecida en los últimos años se debe, en gran medida, al cese de consumo de gas natural en el secado térmico de lodos, a la variación de la cantidad de residuos incinerados y la reducción de emisiones de CH₄ procedente de los vertederos.

- “Otros”: sus emisiones directas de GEI en 2023 son de la misma magnitud que las de 1999, a pesar de que hasta 2008 se observó una marcada tendencia incremental. Entre 2008 y 2023, las emisiones se han reducido progresivamente hasta alcanzar niveles similares a los de 1999 en los últimos años (un 10% inferiores en 2023 con respecto a 1999). Estas variaciones están ligadas a la evolución de las emisiones de compuestos fluorados, especialmente HFC, asociadas a la utilización concreta de hidrocarburos halogenados en los equipos de refrigeración, aire acondicionado y extinción de incendios.

INDICADORES DE EMISIÓN A NIVEL MUNICIPAL Y NACIONAL (2023)

	Emisiones per cápita (t CO _{2eq} /hab)	Emisiones por unidad de PIB (t CO _{2eq} /mil € ₂₀₁₀)
Madrid	2,2	48
España	5,6	230
RATIO MADRID/ESPAÑA	0,35	0,20

- 1) Fuentes de información para los datos de la ciudad de Madrid: población (INE, 2024), PIB (AM, 2025b)
- 2) Fuentes de información para los datos nacionales: población (INE, 2024), PIB (AM, 2025b; MITECO, 2024), emisiones de GEI (MITECO, 2025)
- 3) PIB en unidades de euros constantes 2010

En 2023, el municipio de Madrid acogió el 7% de la población nacional y generó el 3% de las emisiones totales de GEI. Así, la emisión per cápita municipal fue un 60% inferior a la media nacional (2,2 frente a 5,6 t/habitante). Del mismo modo, Madrid generó el 13% del PIB nacional, por lo que su “intensidad de emisión por unidad de PIB” fue un 79% inferior al valor nacional (48 frente a 230 t/M€₂₀₁₀).

Estas importantes diferencias se deben, en gran medida, a la estructura productiva del municipio, cuya actividad económica se basa en el sector terciario (servicios) y no en la industria que, al consumir más energía, genera más emisiones.



En el periodo evaluado (2000-2023), la emisión per cápita municipal ha tenido un mayor descenso que en el conjunto nacional (un 60% frente al 41% nacional) pese a que la población tuvo un mayor crecimiento en el conjunto del país (un 20% frente a un 16% en el municipio de Madrid).

Por tanto, el descenso en la emisión per cápita se debe a una mayor reducción de las emisiones municipales (un 54% frente al 29% nacional). Desde el punto de vista de las emisiones por unidad de PIB, este indicador muestra en Madrid una reducción del 71% en el periodo 2000-2023, mientras que en España la disminución es del 53%. Esta diferente evolución es reflejo de un mayor descenso de las emisiones totales de GEI a nivel municipal y de un mayor incremento del PIB.

Las **conclusiones generales** que arroja el Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del municipio de Madrid (Año 2023) son:

- Las emisiones totales de GEI en el municipio de Madrid han disminuido un 54%, en el periodo 2000- 2023.
- La disminución de las emisiones directas de GEI se debe, fundamentalmente, a la evolución de los principales sectores emisores: “RCI” y “Transporte por carretera”
- El sector “RCI” presenta la mayor contribución a las emisiones totales de GEI en el municipio de Madrid (un 42% en 2023) seguido del sector “Transporte por carretera” (un 25% en 2023). La gran relevancia del sector “RCI” en relación con las emisiones totales se explica porque dicho sector lleva asociadas el 86% emisiones indirectas del municipio.

En cuanto a los principales indicadores de emisión cabe destacar:

- La emisión per cápita municipal, en 2023, fue un 60% inferior a la media española, emitiéndose 2,2 t/habitante frente a las 5,6 t/habitante para el total nacional. En el periodo 2000-2023, la emisión per cápita en el municipio ha descendido un 60%, frente al 41% del indicador nacional.
- La “intensidad de emisión por unidad de PIB”, en 2023, fue un 79% inferior en Madrid que en España. Concretamente, en Madrid dicho indicador fue igual a 48 t/M€2010 frente a 230 t/M€2010 en España. La tasa de emisión por unidad de PIB en Madrid ha experimentado un mayor descenso en el periodo 2000-2023 que en España (un 71% frente a un 53%, respectivamente).
- El municipio de Madrid acogía, en 2023, el 7% de la población nacional y generaba el 13% del PIB nacional, emitiendo el 3% de las emisiones totales nacionales de GEI.

A nivel sectorial, se concluye que:

- El sector “RCI” generó, en 2023, el 29% de las emisiones directas y el 86% de las indirectas del municipio, alcanzando el 42% de las emisiones totales. Aunque la evolución no sigue una tendencia lineal, las emisiones directas de este sector en el periodo 2000-2023 disminuyeron un 36% como resultado de la mejora



tecnológica de los equipos de combustión y el progresivo abandono de combustibles con mayores tasas específicas de emisión (sustitución del carbón por otros combustibles tipo gas natural). El sector “Industria” fue responsable, en 2023, del 7% de las emisiones directas y del 4% de las indirectas, lo que supone el 7% de las emisiones totales. Desde 2000 a 2023, las emisiones directas del sector disminuyeron un 27%.

- Las emisiones del sector “Transporte por carretera” supusieron el 32% de las emisiones directas de GEI en 2023, traduciéndose en una contribución del 25% sobre las emisiones totales. Las emisiones indirectas de este sector son muy poco relevantes debido a los todavía bajos consumos de electricidad en el mismo. En el periodo 2000-2023 sus emisiones directas disminuyeron un 56%, siendo esta reducción más evidente a partir del año 2007 y especialmente pronunciada entre 2019 a 2023. Esta tendencia se debe, entre otros, a los siguientes factores: evolución de los recorridos y velocidades medias, efecto de las medidas municipales de promoción de ciclomotores y motocicletas, mejora tecnológica del parque de vehículos, promoción de combustibles alternativos y mejora del transporte público municipal, además de las circunstancias derivadas de la pandemia de la COVID-19 en 2020 y 2021.
- El sector “Otros modos de transporte” supuso aproximadamente el 13% de las emisiones directas y el 9% de las emisiones indirectas de Madrid, lo que se traduce en el 12% de las emisiones totales, en 2023. Las emisiones directas del sector son un 2% menores que las de 2000.
- El sector “Tratamiento y eliminación de residuos” generó, en 2023, el 12% de las emisiones directas y el 0,4% de las emisiones indirectas, lo que supuso algo más del 9% de las emisiones totales. Las emisiones directas de este sector disminuyeron un 56% en el periodo inventariado debido, en gran medida, a la reducción de emisiones de CH₄ derivada de la captación de biogás de vertedero en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, a partir de 2003. Desde 2013 se observa un descenso en las emisiones producido principalmente por el cese total o parcial de los procesos de secado térmico de lodos (y por lo tanto del consumo de gas natural).
- El sector “Otros” fue responsable, en 2023, del 6% de las emisiones directas, no presentando emisiones indirectas. Esto supuso casi el 5% de las emisiones totales. Este sector presenta un descenso del 25% de las emisiones directas entre 2000 y 2023.

4.1. Vulnerabilidad frente al Cambio Climático

El Plan de Energía y Cambio Climático de la ciudad de Madrid – Horizonte 2020 (Ayuntamiento de Madrid, 2014), incluyó como objetivo estratégico reducir la vulnerabilidad de la ciudad frente a los efectos del cambio climático. Asimismo, una de las finalidades del citado Plan, era proporcionar a los ciudadanos y las autoridades de Madrid herramientas específicas para prevenir y hacer frente a los impactos climáticos.



Considerando lo anterior, el Ayuntamiento de Madrid elaboró, en julio de 2015, un estudio de caracterización de la vulnerabilidad a nivel de distrito, analizando los factores que condicionan dicha vulnerabilidad e identificando áreas de acción prioritaria.

Los indicadores incluidos en el análisis trataban de caracterizar la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa de los 21 distritos de Madrid ante los posibles efectos del Cambio Climático:

- Los indicadores que caracterizaban la exposición fueron seleccionados en virtud de su capacidad para explicar en qué medida la población y elementos físicos del medio urbano y periurbano se encontraban directamente amenazados por los cambios previstos en las condiciones climáticas, teniendo en cuenta la ubicación o emplazamiento de los receptores (población, medio construido, infraestructuras y medio natural).
- Los indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa describían los receptores de dichos impactos (población, medio construido e infraestructuras, y medio natural). Estos indicadores caracterizaban su grado de fragilidad intrínseca y de su capacidad de resistencia o de recuperación ante los mismos, respectivamente.

Todos los indicadores seleccionados se referían a factores que podían englobarse en alguna de las siguientes categorías:

- Factores sociales:
 - Composición de los hogares
 - Fragilidad y cohesión social
 - Pautas de consumo
 - Factores comportamentales (concienciación)
- Factores económicos:
 - Estructura económica
- Medio construido e infraestructuras:
 - Morfología urbana (compacidad)
 - Calidad constructiva
 - Accesibilidad a servicios y redes básicas
- Medio natural:
 - Calidad de los ecosistemas
 - Niveles de protección ambiental
- Otros factores:
 - Registros históricos de siniestros
 - Instrumentos de prevención existentes



La tabla siguiente muestra los índices de vulnerabilidad agregada obtenidos para cada uno de los 21 distritos de Madrid y según las 4 cadenas de impacto analizadas. Los índices se expresan sobre una escala de carácter relativo que oscila entre 1, para el distrito o distritos menos vulnerables, y 2, para el distrito o distritos más vulnerables:

Código	Distrito	Olas de calor	Sequías	Degradación ambiental	Inundaciones
07901	Centro	1,83	2,00	1,10	1,50
07902	Arganzuela	1,91	1,63	1,00	1,56
07903	Retiro	1,76	1,39	1,13	1,23
07904	Salamanca	1,69	1,73	1,00	1,37
07905	Chamartín	1,30	1,65	1,20	1,28
07906	Tetuán	1,72	1,61	1,20	1,17
07907	Chamberí	1,63	1,39	1,20	1,34
07908	Fuencarral-El Pardo	1,00	1,50	2,00	1,29
07909	Moncloa-Aravaca	1,05	1,90	1,54	1,18
07910	Latina	1,41	1,44	1,13	1,18
07911	Carabanchel	1,96	1,15	1,03	1,29
07912	Usera	1,88	1,24	1,02	1,56
07913	Puente de Vallecas	2,00	1,09	1,05	1,26
07914	Moratalaz	1,34	1,49	1,03	1,00
07915	Ciudad Lineal	1,45	1,49	1,03	1,11
07916	Hortaleza	1,05	1,44	1,14	1,05
07917	Villaverde	1,78	1,57	1,29	2,00
07918	Villa de Vallecas	1,49	1,00	1,40	1,97
07919	Vicálvaro	1,16	1,15	1,29	1,28
07920	San Blas-Canillejas	1,43	1,37	1,18	1,31
07921	Barajas	1,15	1,95	1,43	1,96

El ámbito del PE se localiza en el distrito 21. Barajas, señalado en color azul en la tabla anterior. Según esta tabla, **el distrito 21 Barajas presenta vulnerabilidad media a olas de calor, alta a sequías, media alta para degradación ambiental y alta para inundaciones.**



Impacto de la ola de calor en la salud humana

Los impactos previstos sobre la salud humana como consecuencia del incremento en el número e intensidad de las olas de calor vinculados al Cambio Climático se traducen en un aumento de las tasas de mortalidad y morbilidad (EEA, 2012).

En el ámbito urbano se producen además una serie de factores de agravamiento del fenómeno. En especial, el efecto “isla de calor” (que se analiza en el capítulo siguiente) puede agudizar los daños producidos por los episodios de calor extremo, dado que este fenómeno incrementa la exposición de la población a mayores temperaturas nocturnas y una mayor variabilidad de las temperaturas dentro de las distintas zonas de la ciudad que, en último término, incrementan el riesgo para la salud y la mortalidad general (Klein Rosenthal, Kinney, & Metzger, 2014; Patz, Campbell-Lendrum, Holloway, & Foley, 2005; Uejio et al., 2011).

Por ello, factores como la densificación urbana, las condiciones habitacionales de los inmuebles o la accesibilidad a los espacios verdes son condicionantes que pueden incrementar o reducir los efectos de las olas de calor en las ciudades.

Además de los condicionantes morfológicos urbanos, es importante tener en cuenta que la capacidad de autorregulación térmica es mayor en algunas personas que en otras. En especial, la población anciana y los niños tienen menos capacidad para disminuir su temperatura corporal que los adultos (Uejio et al., 2011). Del mismo modo, las condiciones físicas preexistentes y los hábitos de vida (vestimenta, tasas de consumo de alcohol, etc.), así como de las propias capacidades económicas y culturales de la población son otros factores a tener en cuenta a la hora de caracterizar la vulnerabilidad de la población ante el incremento en la intensidad y frecuencia de olas de calor asociadas al cambio climático (EEA, 2012; Jacobs, Kazmierczak, Krellenberg, Kuhlicke, & Peltonen, 2012; Schauser et al., 2010).

En la imagen siguiente se aprecia que el distrito Barajas y, en concreto, el ámbito de estudio (señalado en color negro), **presentan una vulnerabilidad baja asociada al impacto de las olas de calor sobre la salud humana**, ya que, entre otros factores, es una zona sin grandes superficies forestales y rodeada de infraestructuras de tráfico donde se alcanzan temperaturas medias nocturnas en la media de otros distritos de la ciudad:

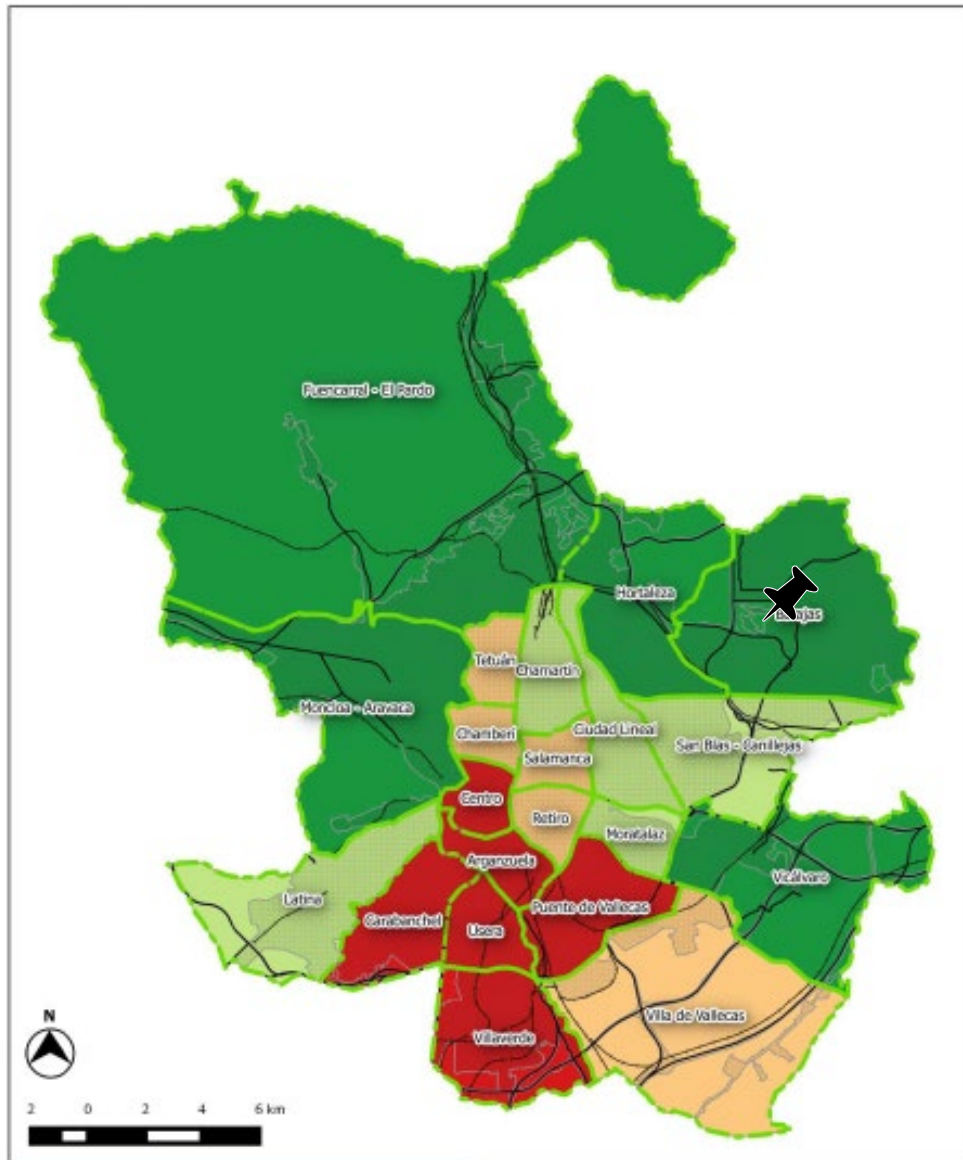


Figura 9. Vulnerabilidad del ámbito del PE ante el Cambio Climático: impacto de las olas de calor sobre la salud humana. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

Sequías y disponibilidad de agua y su impacto en la actividad económica

El impacto de las sequías vinculadas al Cambio Climático es menos obvio que el de las olas de calor. Si bien existe abundante literatura sobre el grado de afección de este tipo de eventos en distintas regiones del mundo y bajo distintos escenarios de cambio climático sobre actividades como la agricultura y otras afines (A Iglesias, Moneo, & Quiroga, 2009), todavía han sido poco estudiados los impactos que las sequías vinculadas al Cambio Climático pueden ocasionar en los entornos urbanos (Kallis, 2008).

Aunque se desconocen las medidas concretas de aplicación en un escenario actual de escasez de recursos hídricos, se ha optado por realizar una valoración del impacto sobre el sector industrial y comercial de la ciudad, entendiendo que, tras los usos destinados al riego, los usos con fines económicos serían aquellos más penalizados en un hipotético escenario de restricciones, por encima del consumo doméstico.



Cabe destacar que el Ayuntamiento de Madrid y el Canal de Isabel II desarrollan importantes actuaciones en materia de aprovechamiento de recursos hídricos alternativos. Destaca especialmente la red de reutilización de aguas depuradas de aproximadamente 180 km. de infraestructuras subterráneas. La red permite el abastecimiento de la ciudad con agua regenerada para el riego de zonas verdes, baldeo de viales, limpieza de alcantarillado y estanques de tormentas, así como otros usos autorizados (riego de campos de golf, viveros, etc.).

En la imagen siguiente se aprecia que el distrito Barajas y, en concreto, el ámbito de estudio (señalado en color negro), presentan una vulnerabilidad alta asociada al impacto en la actividad económica de sequías y disponibilidad de agua, debido a la proporción de consumo de agua medio por habitante y año.

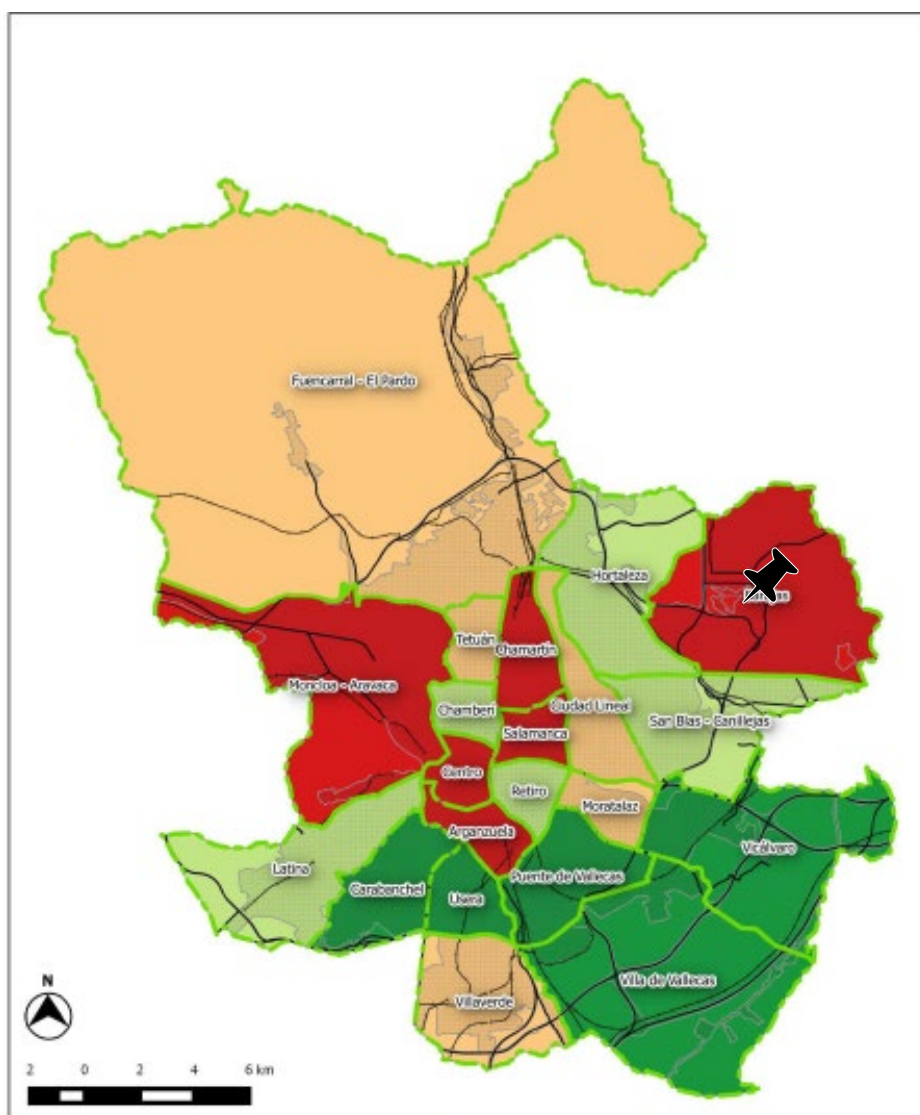


Figura 10. Vulnerabilidad del ámbito de la MPG ante el Cambio Climático: sequías y disponibilidad de agua y su impacto en la actividad económica. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.



Alteración/modificación de ecosistemas y pérdida de biodiversidad

Madrid contaba en 2015 con 6.480 hectáreas de zonas verdes públicas. La óptima gestión y mantenimiento de esta superficie de zonas verdes juega un papel importante en la regulación del clima, la renovación del aire de la ciudad y la atenuación de los niveles de contaminación.

La ciudad también alberga espacios naturales protegidos de alto valor ecológico como el Monte de El Pardo, que con una extensión de 16.000 hectáreas ocupa casi una cuarta parte de la superficie de la ciudad, el Soto de Viñuelas, colindante con el Monte de El Pardo, y una pequeña franja del Parque Regional del Sureste.

Todos estos ecosistemas están potencialmente afectados por efectos asociados al Cambio Climático, tanto de tipo directo, como por ejemplo la pérdida de hábitats, con la consiguiente migración o pérdida de especies, como indirectos, como el mayor riesgo de incendios forestales vinculado al prolongamiento de la estación estival.

En este contexto, los distritos más vulnerables son los que cuentan con un mayor acervo natural.

En la imagen siguiente se aprecia que el distrito Barajas y, en concreto, el ámbito de estudio (señalado en color negro), presentan una vulnerabilidad alta a la alteración/modificación de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad:

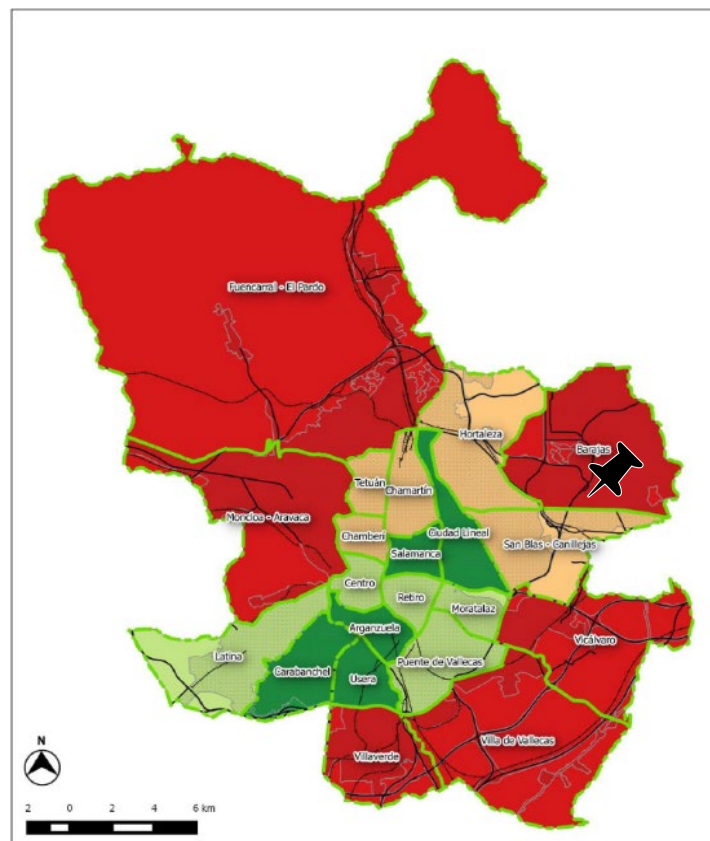


Figura 12. Vulnerabilidad del ámbito del PE ante el Cambio Climático: alteración/modificación de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.



Esto se debe a que el distrito Barajas posee elementos naturales especialmente sensibles.

Como conclusión del presente análisis se puede observar que el distrito Barajas presenta determinadas características estructurales que lo hacen ser especialmente vulnerable al cambio climático ya que, aunque presenta una baja vulnerabilidad frente a olas de calor, es altamente vulnerable frente a sequías y disponibilidad de agua, así como frente a inundaciones, alteración de ecosistemas y pérdida de biodiversidad.

4.2. Efectos potenciales del planeamiento urbanístico sobre el Cambio Climático

Se analizan a continuación las potenciales afecciones sobre el cambio climático, derivadas de la Modificación Puntual del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid de 1997 (en adelante, MPG), relativa a la parcela DO-190 del ámbito APE 16.11 “Ciudad Aeroportuaria y Parque de Valdebebas”.

4.2.1. Efectos en relación con los usos propuestos

Ordenación urbanística propuesta

Como se describe en la Memoria Informativa y de Ordenación (DOCUMENTO I), la MPG **no altera la clase y categoría del suelo del ámbito de la actuación de dotación, que se mantiene como urbano consolidado.**

La MPG asigna a la parcela el uso mixto Dotacional de Servicios Colectivos en nivel de implantación privado, en las clases Deportivo (que se mantiene, si bien ajustado a la implantación existente y a sus necesidades de crecimiento) y de Equipamiento; e incorpora el uso de Servicios Terciarios.

El uso Dotacional de Equipamiento privado es el característico o mayoritario:

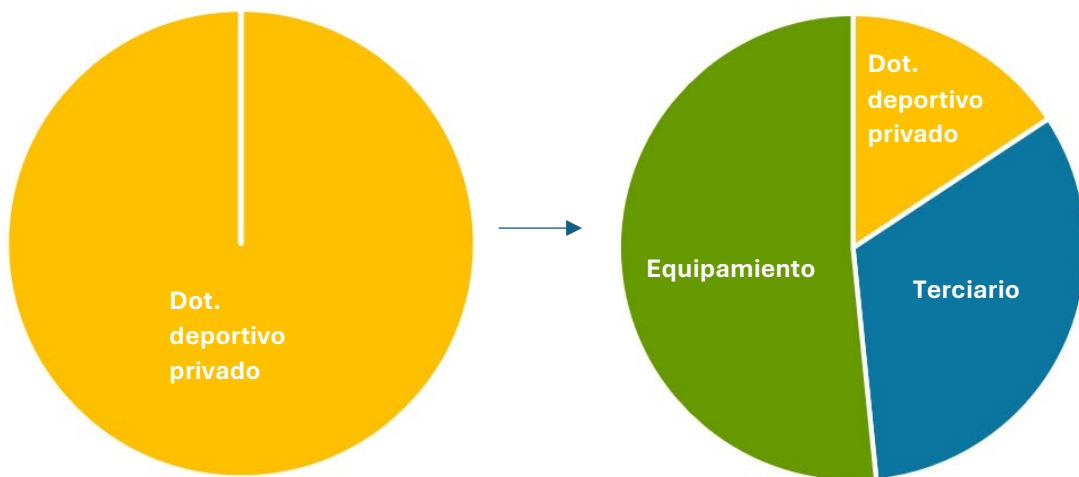


Figura 13. Comparativa del uso característico en el planeamiento antecedente y en la MPG



Así pues, respecto a la situación de partida, **la innovación consiste en la incorporación de los usos de Equipamiento privado y de Servicios Terciarios como cualificados que, junto con el Dotacional Deportivo existente, darán a la parcela esas condiciones de usos mixtos que permitan la implantación de un CIT.**

Superficie edificable

La MPG propone una superficie edificable total en la parcela de 535.550 m²t, lo que supone un incremento de 172.550 m²t respecto de la asignada en el planeamiento antecedente.

Como se ha analizado en el estudio de alternativas, esta cifra responde a un equilibrio adecuado entre edificabilidad y la capacidad de acogida de la parcela, sin distorsionar su encaje territorial ni el modelo de campus que se pretende. Y, además cumple con la condición de dotar al CIT de capacidad de atracción y mezcla suficiente de actividades.

La distribución final de su superficie edificable según la mezcla de usos propuesta se presenta en la siguiente tabla:

Uso		Superficie edificable m ² e	Porcentaje del total %
Dotacional	Equipamiento privado	276.000	51,83
	Deportivo privado	84.000	15,77
Servicios Terciarios		172.550	32,40
TOTAL		532.550	100

Se trata pues de un incremento sobre la edificabilidad existente, ajustado al permitido por el plan para el ámbito, que no supone alteraciones sustanciales sobre las circunstancias urbanísticas del propio ámbito ni de su entorno. De igual forma, hay que señalar que en el ámbito del APE 16.11 “Ciudad Aeroportuaria y Parque de Valdebebas”, las redes públicas en la situación de origen superan lo previsto en el artículo 36.6 de la Ley 9/2001, de 17 de julio, y por tanto resulta viable el aumento de edificabilidad propuesto desde el punto de vista de lo señalado en el punto 6.c) del artículo 42 del mismo texto legal, ya que, además de encontrarnos en el supuesto presente ante una actuación urbanística de dotación (supuesto expresamente previsto por la LSCM como aquella actuación en la que se pueden prever determinaciones de ordenación que incrementen edificabilidad en áreas en las que no se alcancen los estándares mínimos) se da, como decimos, que las redes públicas locales en origen superan los estándares establecidos por la Ley del suelo madrileña.

Además, con el coeficiente y superficie edificable asignados, se comprueba en los estudios económicos que forman parte de esta modificación que la actuación de dotación que se propone es viable y equilibrada.



Síntesis de los principales parámetros de la actuación de dotación

ACTUACIÓN DE DOTACIÓN PARCELA DO-190 DEL APE 16.11	
Clase y categoría de suelo del ámbito de la actuación de dotación	Urbano consolidado
Área homogénea a la que pertenece	APE 16.11 Ciudad Aeroportuaria y Parque de Valdebebas
Superficie del ámbito de la actuación de dotación	1.200.187 m ² s
SUELO LUCTATIVO (PARCELA DO-190 RESULTANTE)	
Superficie de parcela luctativa DO-190	975.729,53 m ² s
Usos cualificados	Dotacional equipamiento privado, servicios terciarios y deportivo privado
Superficie edificable homogeneizada máxima	364.404,54 m ² eug
Superficie edificable máxima	532.550 m ² e
Distribución de la superficie edificable por usos	
Equipamiento privado	276.000 m ² e
Servicios Terciarios	172.550 m ² e (mínimo 50% uso Oficinas)
Deportivo privado	84.000 m ² c
Dominio público hidráulico	2.452,37 m ² e
REDES PÚBLICAS	
Red supramunicipal Dominio Público hidráulico	2.452,37 m ² s
Red pública general	
Zonas verdes y espacios libres	129.951,89 m ² s
Vía pública	8.603,92 m ² s
Red pública local	
Zonas verdes y espacios libres	36.363,96 m ² s
Equipamiento	35.311,51 m ² s
Vía pública	11.773,82 m ² s



Figura 14. Propuesta de calificación pormenorizada de la parcela DO-190. Fuente: RH arquitectos.



Figura 15. Imagen indicativa de la propuesta, incluyendo el interior de la parcela DO-190. Fuente: RH arquitectos.



Dada la fase de planeamiento general en la que nos encontramos, sin soluciones detalladas en cuanto a los sistemas térmicos que se emplearán en las edificaciones (aspecto que se definirá en los futuros proyectos de urbanización y edificación), para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la climatización de las edificaciones se han empleado valores de referencia estandarizados (parámetros medios obtenidos de estudios y normativa, que permiten hacer estimaciones preliminares).

El cálculo se ha llevado a cabo conforme al enfoque establecido en el **EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook**, utilizando factores de emisión por vector energético y estimaciones de demanda energética específicas por unidad de superficie, a partir de la siguiente expresión:

$$E = \sum (C_i \times FE_i)$$

Donde:

- E = emisiones de GEI (kgCO₂/año)
- C_i = consumo energético final por vector energético i (kWh/año)
- FE_i = factor de emisión asociado al vector energético i (kgCO₂/kWh)

Dado el carácter preliminar del planeamiento, se han adoptado los siguientes supuestos:

- Superficie edificable considerada: aproximadamente 532.550 m²c
- Demanda energética de calefacción: 40 kWh/m²·año¹
- Consumo energético total estimado: 21.302.000 kWh/año

Los factores de emisión adoptados, coherentes con valores de inventarios europeos, son:

- Gas natural: 0,202 kgCO₂/kWh
- Electricidad: 0,20 kgCO₂/kWh

En relación con el mix energético, se ha considerado un escenario representativo intermedio: 50% gas natural y 50% electricidad.

A partir de los supuestos anteriores, las emisiones anuales asociadas a la calefacción se estiman en:

- Gas natural: 2.151,5 tCO₂/año
- Electricidad: 2.130,2 tCO₂/año

Total estimado: 4.281,7 tCO₂/año

Este resultado debe interpretarse como una estimación de orden de magnitud, adecuada al nivel de definición en el que nos encontramos. Las emisiones reales, que se calcularán en fases posteriores de la tramitación urbanística, dependerán de factores aún no definidos, tales como:

¹ Se adopta una demanda térmica de calefacción de 40 kWh/m²·año, valor representativo dentro de los rangos habituales para edificios terciarios eficientes en clima continental, conforme a referencias del Código Técnico de la Edificación, guías del IDAE y resultados habituales de herramientas oficiales de certificación energética.



- Tipología edificatoria
- Sistemas de climatización finalmente implantados
- Grado de electrificación y penetración de energías renovables

En línea con los objetivos establecidos en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, que promueve la progresiva descarbonización del sector de la edificación mediante la electrificación de la demanda térmica, la mejora de la eficiencia energética y la integración de energías renovables, se han considerado diferentes escenarios alternativos:

- Escenario conservador (predominio de combustibles fósiles): emisiones estimadas de, aproximadamente, 4.280 tCO₂/año
- Escenario descarbonizado (electrificación): emisiones estimadas en torno a 2.000–2.500 tCO₂/año (considerando 100% de electrificación para calefacción y 0,10 – 0,15 kg CO₂/kWh).

La reducción de emisiones en los escenarios más favorables se alinea con las trayectorias de reducción de GEI contempladas en el PNIEC, que establece como prioridades la disminución del uso de combustibles fósiles en el sector residencial y terciario, así como la generalización de soluciones basadas en energías renovables (aeroterminia, redes de calor renovables, entre otras).

En este sentido, el desarrollo del ámbito ofrece una buena oportunidad para la reducción de emisiones mediante estrategias de electrificación y eficiencia energética, en línea con los objetivos de descarbonización establecidos a nivel nacional y europeo.

4.2.2. Efectos relacionados con el tráfico y la movilidad

La parcela DO-190 está rodeada por las siguientes vías de comunicación:

- Av. de las Fuerzas Armadas
- Av. de Alejandro de la Sota
- M-11
- M-11 (Vía de servicio)
- M-12
- M-13



La intensidad media diaria (IMD) total de los vehículos que circulan en la actualidad por estos viales se muestra en la tabla siguiente:

En la tabla siguiente se muestra la IMD total que se prevé generará el desarrollo, una vez se ejecuten las actuaciones propuestas por la MPG:



VÍA		IMD(promedio de todos los tramos)	IMH			PROMEDIO			
			DÍA	TARDE	NOCHE	% VP	%3 EN 2+3	%MOTOS	VELOCIDAD
Av. de las Fuerzas Armadas dirección		7184,0	440,4	270,8	101,9	2,8	0,48	0,019	50
Av. de las Fuerzas Armadas dirección		4132,0	253,3	155,8	58,6	6,5	0,48	0,019	50
Av. de Alejandro de la Sota. Dirección		19897,5	1219,9	750,1	282,3	2,9	0,48	0,019	37,5
Av. de Alejandro de la Sota. Dirección		16031,0	982,8	604,4	227,4	10,7	0,48	0,019	40
M-11. Dirección este		43664,0	2677,0	1646,1	619,5	2,3	0,48	0,019	100
M-11. Dirección oeste		25028,0	1534,4	943,6	355,1	3,1	0,48	0,019	100
M-11. Vía de servicio		27592,0	1691,6	1040,2	391,5	3,0	0,48	0,019	85
M-12. Dirección norte		29888,0	1832,4	1126,8	424,0	2,3	0,48	0,019	80
M-12. Dirección sur		29630,0	1816,6	1117,1	420,4	5,1	0,48	0,019	80
M-13. Dirección este		44337,0	2718,2	1671,5	629,0	5,0	0,48	0,019	100
M-13. Dirección oeste		29711,0	1821,5	1120,1	421,5	4,8	0,48	0,019	100
Interiores	1	32305	1980,6	1217,9	458,3	1,1325	0,48	0,019	30
	2	0	0,0	0,0	0,0	0	0,48	0,019	30
	3	1346	82,5	50,7	19,1	1,783	0,48	0,019	30
	4	15459,75	947,8	582,8	219,3	1,72875	0,48	0,019	30
	5	10768,5	660,2	406,0	152,8	1,243	0,48	0,019	30
	6	27515,5	1686,9	1037,3	390,4	1,37	0,48	0,019	30
	7	7208,333333	441,9	271,8	102,3	0	0,48	0,019	30
	8	3437,5	210,7	129,6	48,8	0	0,48	0,019	30
	9	4255	260,9	160,4	60,4	0	0,48	0,019	30
	10	6294,5	385,9	237,3	89,3	4,1275	0,48	0,019	30

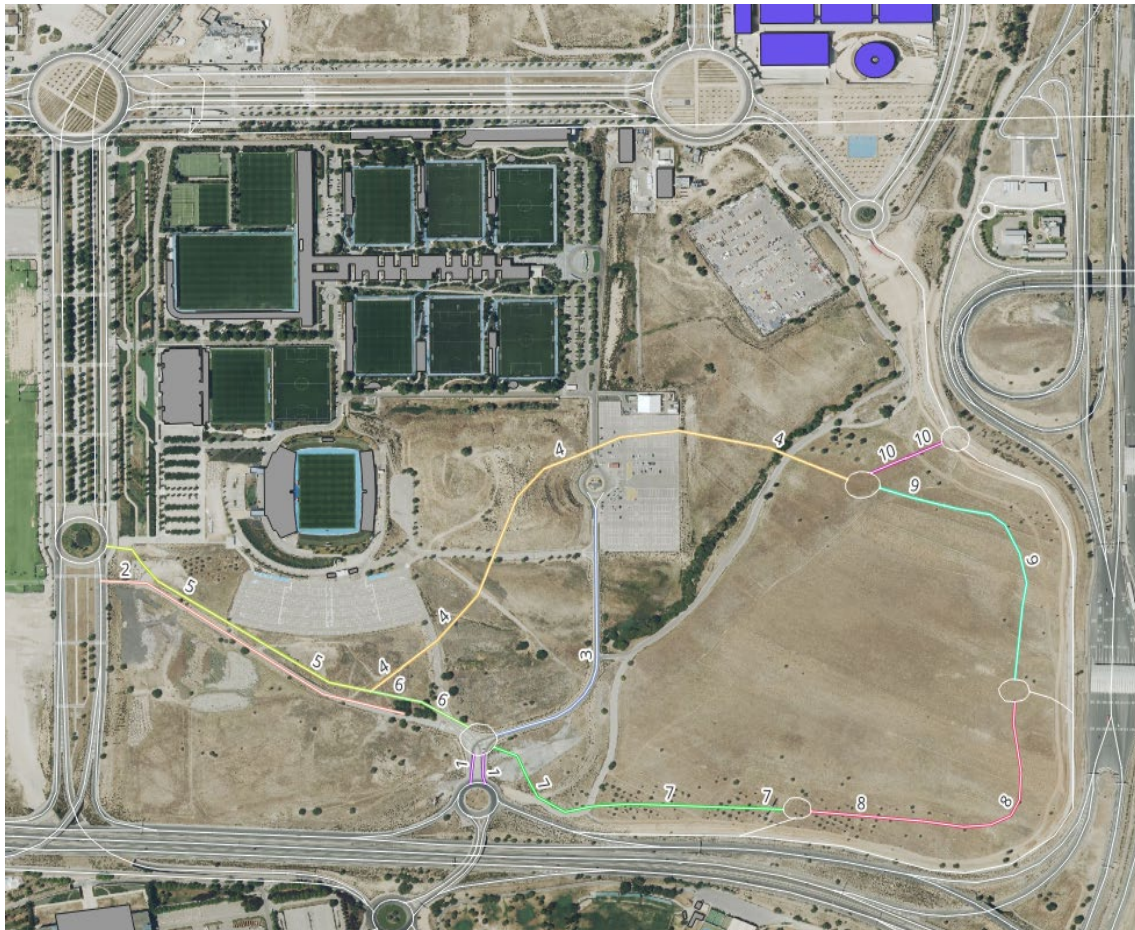


Figura 17. Propuesta de futuros viarios interiores en la parcela DO-190. Fuente: CECOR.



Las longitudes de cada uno de los tramos y vías se recogen en la tabla siguiente:

VÍA		Longitud (m)
Av. de las Fuerzas Armadas dirección este		681,9
Av. de las Fuerzas Armadas dirección oeste		681,9
Av. de Alejandro de la Sota. Dirección norte (total)		1010,0
Av. de Alejandro de la Sota. Dirección sur (total)		1010,0
M-11. Dirección este		1260,9
M-11. Dirección oeste		1260,9
M-11. Vía de servicio		1260,9
M-12. Dirección norte		1185,9
M-12. Dirección sur		1185,9
M-13. Dirección este		215,2
M-13. Dirección oeste		215,2
Interiores	1	59,83
	2	454,4
	3	443,95
	4	977,81
	5	419,85
	6	146,78
	7	446,74
	8	497,85
	9	428,6
	10	116,31

A partir de los valores anteriores, para obtener una aproximación en cuanto a la emisión de CO₂ consecuencia del parque móvil que circulará por el ámbito de la MPG, se ha empleado la herramienta CO₂TA², desarrollada por el CEDEX a petición de la Oficina Española de Cambio Climático, con la colaboración de la Dirección General de Carreteras del, anteriormente denominado, Ministerio de Fomento y publicada por el MITERD.

El proceso que sigue la herramienta para estimar el consumo de combustible, el consumo de energía y las emisiones de CO₂ se muestra en la imagen siguiente:

² CO₂TA es una herramienta desarrollada para estimar el consumo de combustible, el consumo de energía y las emisiones de CO₂ del tráfico de vehículos que circula por una carretera. La herramienta ha sido desarrollada por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) en colaboración con la Oficina Española de Cambio Climático y la entonces denominada Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

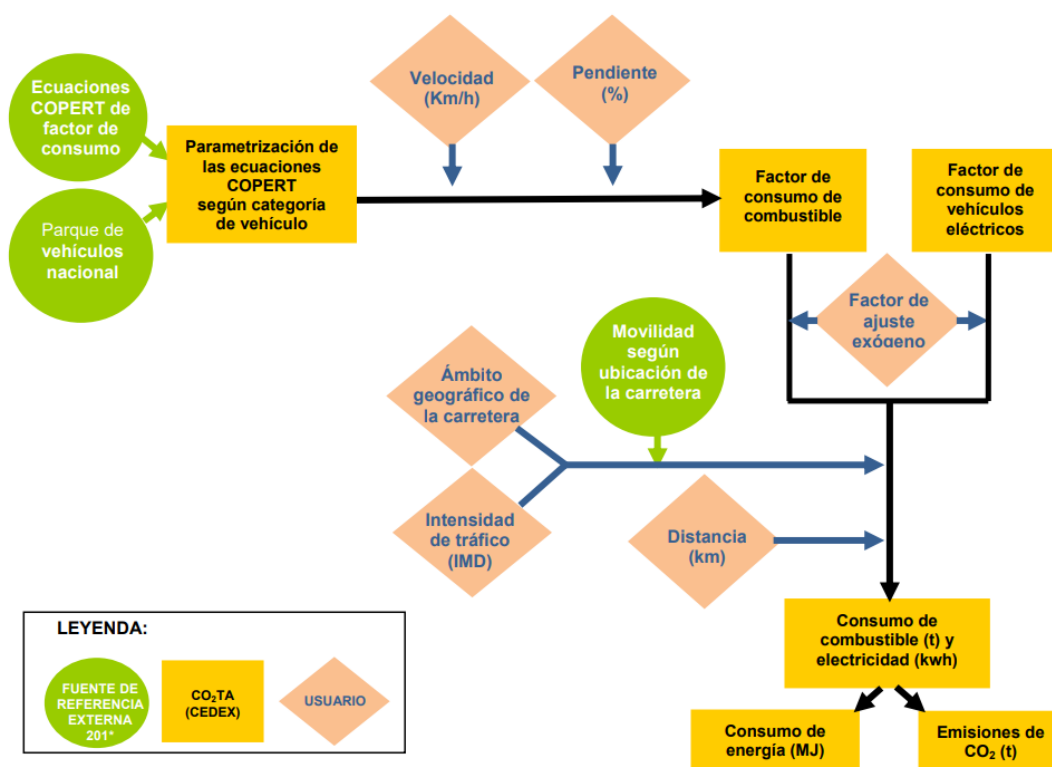


Figura 18. Esquema metodológico de la herramienta CO₂TA. Fuente: MITECO.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ se han empleado los datos de tráfico incluidos en las tablas anteriores y los viales principales considerando una velocidad mínima de los vehículos de 50 km/h en las calles analizadas (el resultado de emisiones así estimado representa la situación más desfavorable ya que en algunos tramos de las vías analizadas no se alcanzarán los 50 km/h):

	Situación actual			Situación futura		
	Ligeros	Pesados	Total	Ligeros	Pesados	Total
EMISIONES DE CO₂ (t)						
Av. de las Fuerzas Armadas	3.898,6	676,5	4.575,0	8.241,4	1.282,4	9.523,9
Av. de Alejandro de la Sota	17.596,0	3.021,0	20.617,0	38.016,0	7.341,0	45.357,0
M-11	54.140,4	4.508,8	58.649,3	125.820,4	10.112,9	135.933,3
M-12	29.182,3	3.733,8	32.916,1	67.323,7	8.175,0	75.498,8
M-13	7.554,2	852,4	8.406,6	16.953,2	2.196,0	19.149,2
Total emisiones (tCO₂)	112.371,5	12.792,5	125.164,0	256.354,7	29.107,4	285.462,1

En la fase de planeamiento general en la que nos encontramos, se desconocen las posibles propuestas en materia de transporte público, posibles limitaciones en cuanto a velocidad en el interior del ámbito (que debería situarse en torno a 30-50 km/h), o de acceso de vehículos al mismo.

En cualquier caso, la mezcla de usos y funciones, como el que propone la actuación de dotación, es, por definición, un modelo más saludable que el monofuncional al minimizar



desplazamientos diarios y facilitar formas de movilidad blanda en el interior de la parcela (como se recoge en el DOCUMENTO I. MEMORIA INFORMATIVA Y DE ORDENACIÓN, entre los criterios planteados para la actuación urbanística). Además, fomenta la aparición de nuevos elementos urbanos híbridos abiertos a demandas no previstas actualmente.

4.2.3. Isla de calor

La isla de calor urbana es el fenómeno por el cual se produce un aumento de las temperaturas en el centro de las ciudades respecto a la periferia y es uno de los efectos más relevantes y mensurables de la concentración de GEI en la atmósfera.

Este efecto es debido a la acumulación de radiación solar en forma de calor en los materiales presentes en las distintas superficies que conforman el espacio urbano y al calor provocado por la actividad humana. Este calor acumulado no es disipado debido, en parte, a la barrera que forman las partículas que se encuentran en suspensión en el aire, así como a la ausencia de ventilación en el interior de la trama urbana, lo que resulta en una elevación de temperaturas en los centros urbanos.

La isla de calor se produce, fundamentalmente, durante la noche, cuando el calor almacenado por el asfalto y los edificios es reemitido a la atmósfera en forma de radiación de onda larga, y aumenta la temperatura del aire dentro de la ciudad varios grados por encima de la temperatura registrada en las áreas no urbanas; durante el día la mayor capacidad calorífica de los materiales urbanos, así como las múltiples sombras provocadas por los edificios mantienen la ciudad más fría que los alrededores, hablándose incluso de isla de frescor:

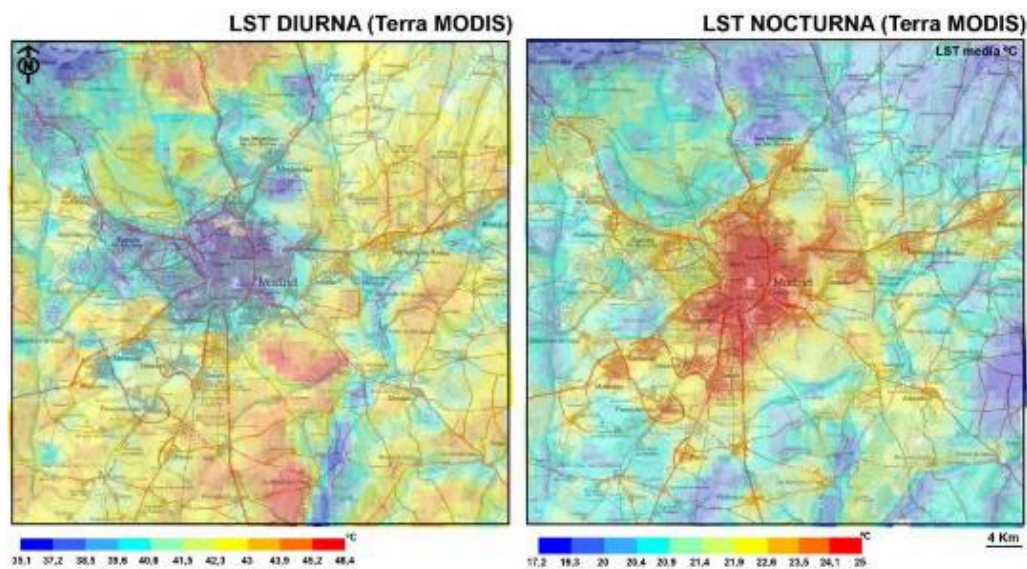


Figura 19. Isla de frescor diurna y de calor nocturna en el área metropolitana de Madrid, obtenida a partir de la temperatura superficial. Fuente: Ayuntamiento de Madrid. UAM.

El Ayuntamiento de Madrid viene elaborando desde el año 2020 el Mapa Analítico de Clima Urbano o Mapa de Isla de Calor Urbana (ICU), correspondiendo a 2024 la última actualización.



Diferentes estudios confirman la influencia de múltiples factores en la generación de la ICU, como el factor de visión del cielo y el albedo, la densidad de la población, la escasa vegetación o falta de esta, la contaminación del aire asociada a los medios de transporte convencionales y el uso del suelo de tipo industrial conocido como el calor antropogénico, además de la velocidad del viento, entre otras.

El Mapa de Isla de Calor Urbana se obtiene a través de una evaluación multicriterio de los diferentes factores (variables físicas y geoespaciales) que influyen en el aumento de la temperatura local. Para su elaboración se tuvieron en cuenta variables temporales como la temperatura ambiental, y el verdor; y variables constantes en el tiempo como la pendiente y la distancia a los cuerpos de agua.

En la imagen siguiente se muestra el resultado obtenido:

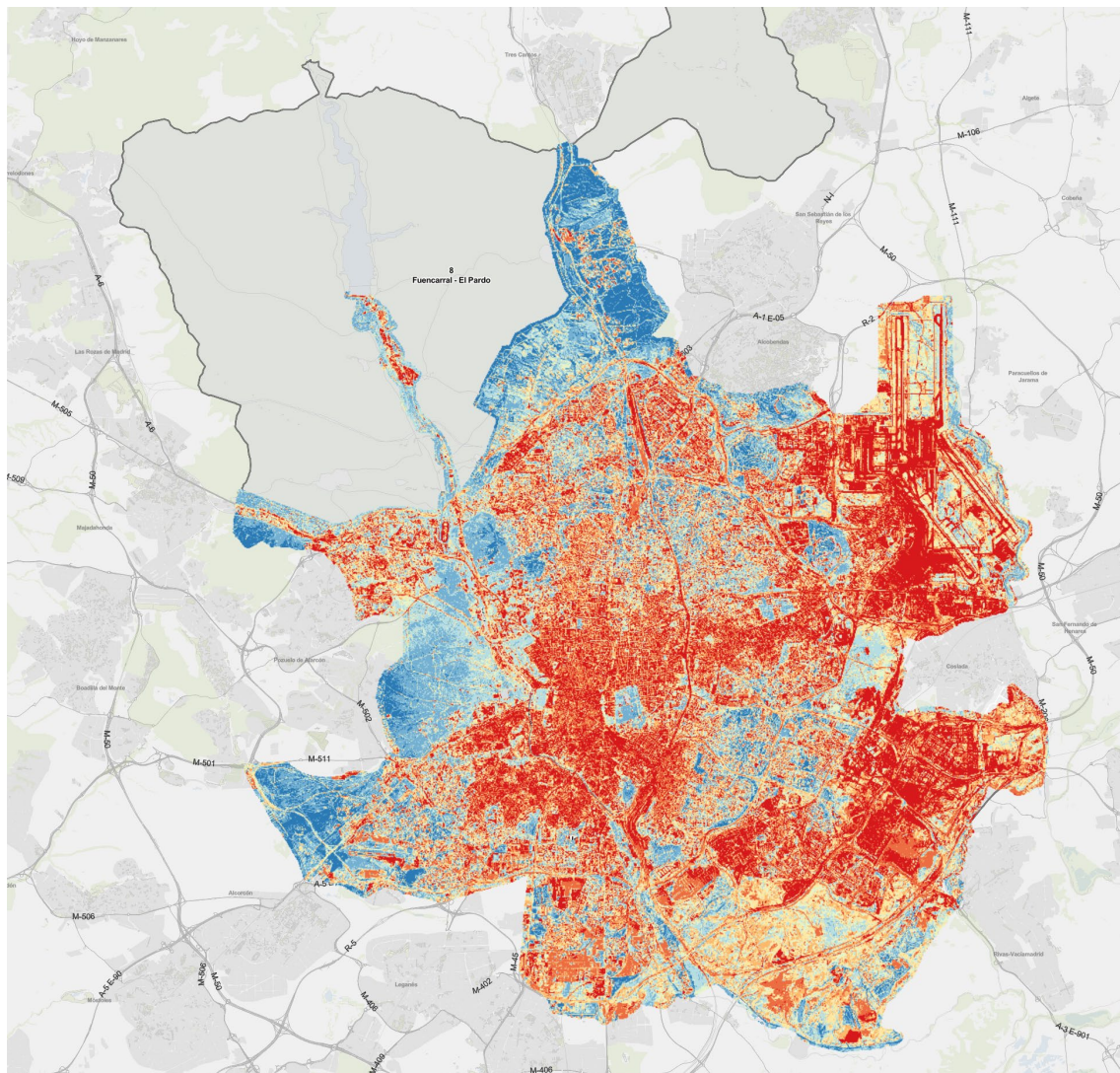


Figura 20. Mapa de Isla de Calor Urbana para la ciudad de Madrid, año 2024. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

El impacto en el confort térmico se clasifica en 8 categorías que se describen a continuación:



Categoría	Impacto en el confort térmico	Descripción
1	Extremadamente alto	Carga térmica muy alta y bajo potencial dinámico
2	Alto	Alta carga térmica y bajo potencial dinámico
3	Moderadamente alto	Carga térmica moderadamente alta y bajo potencial dinámico
4	Moderado	Carga térmica moderada y esporádico potencial dinámico
5	Suave	Esporádica carga térmica y esporádico potencial dinámico
6	Neutro	Baja carga térmica y buen potencial dinámico
7	Bajo	Carga térmica ligeramente negativa y buen potencial dinámico
8	Muy bajo	Carga térmica moderadamente negativa y buen potencial dinámico

Como muestra la imagen siguiente, en el ámbito de estudio (señalado en color negro) el impacto en el confort térmico se clasifica de forma desigual debido a la presencia de zonas de vegetación con **carga térmica negativa y buen potencial dinámico** frente a zonas más áridas con **alta carga térmica y bajo potencial dinámico**:

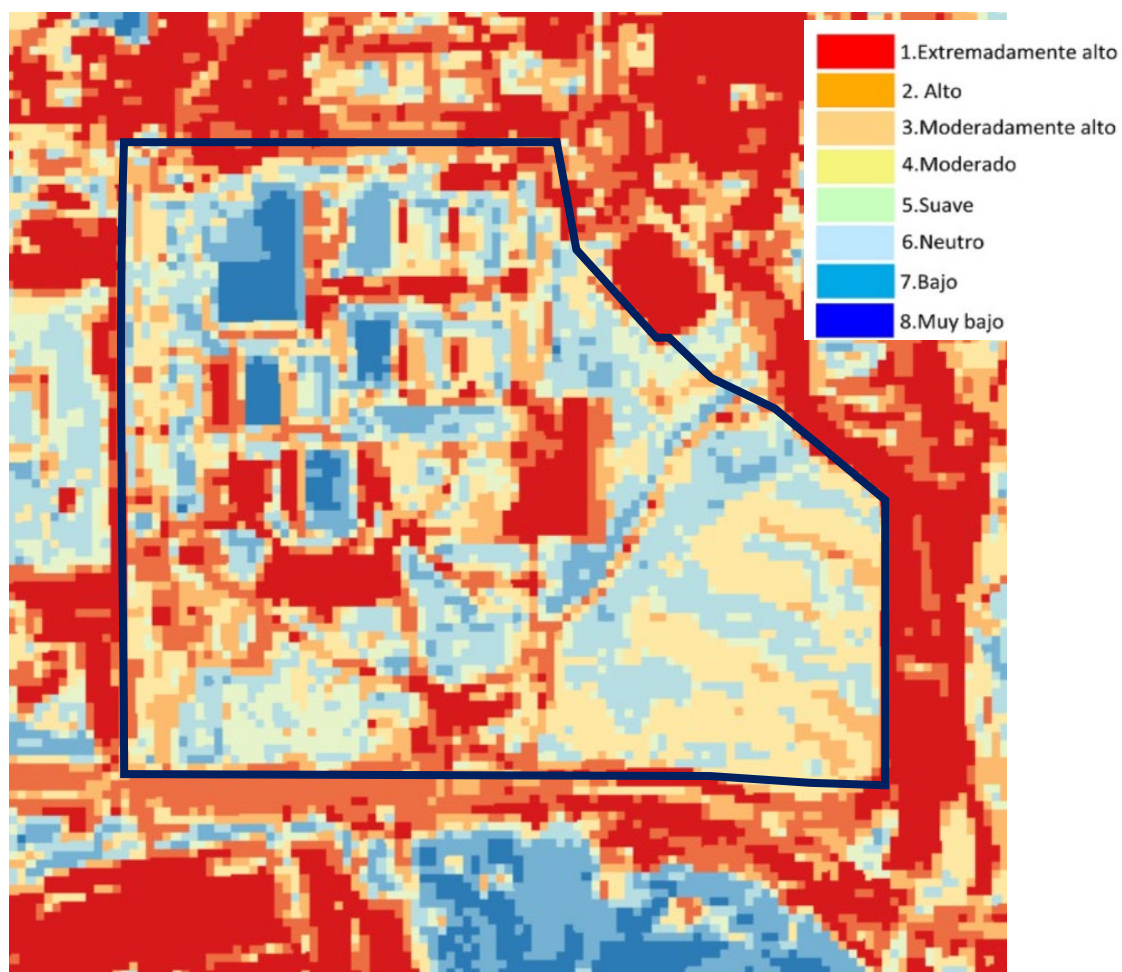


Figura 21. Mapa de Isla de Calor Urbana para el ámbito del PE, año 2023. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.



5 CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

El nivel de contaminación lumínica del ámbito de estudio es alto, tal y como se muestra en el mapeado a continuación:

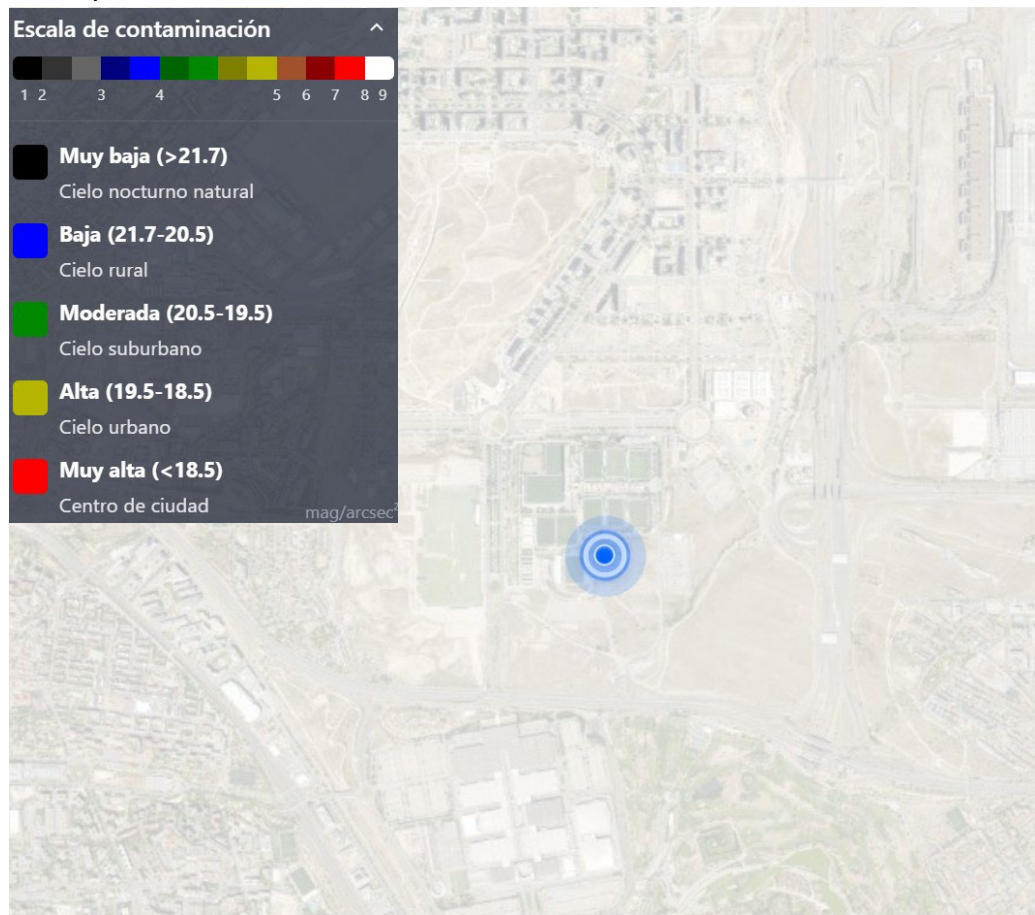


Figura 22. Mapa de contaminación lumínica. Fuente:Lightpollutionmap.

Este nivel continúa la misma tendencia desde el año 2006 y se encuentra en consonancia con el nivel de contaminación lumínica del resto de la ciudad de Madrid.



Figura 23. Tendencia de contaminación lumínica en el ámbito. Fuente: Lightpollution.



6 ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO ASOCIADA A LA ACTUACIÓN URBANÍSTICA

Al objeto de evaluar los potenciales efectos sobre el cambio climático derivados de la actuación urbanística propuesta, se ha realizado una estimación de la huella de carbono asociada a la fase de ejecución del planeamiento (urbanización y edificación).

6.1. Metodología empleada para el cálculo de la huella de carbono

La estimación se ha realizado conforme a los principios metodológicos establecidos en el marco europeo Level(s) para la evaluación del ciclo de vida de los edificios, la norma EN 15978 relativa al cálculo del impacto ambiental de los edificios a lo largo de su ciclo de vida, así como las directrices para el cálculo de la huella de carbono del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD).

Asimismo, se han considerado factores de emisión y criterios metodológicos procedentes de las Directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) para la contabilización de emisiones de gases de efecto invernadero (ver tabla siguiente):

Componente analizado	Parámetro de cálculo	Factor de emisión	Fuente
Construcción de edificios (usos terciarios y dotacionales)	Emisiones asociadas al ciclo de vida de materiales y proceso constructivo (módulos A1-A5 del ciclo de vida del edificio)	500-700 kg CO ₂ e/m ² c	Comisión Europea – Level(s): A common EU framework of core sustainability indicators for buildings ; Norma EN 15978 ; Base de datos ICE (Inventory of Carbon & Energy)
Obras de urbanización	Emisiones derivadas de pavimentación, redes de servicios e infraestructuras urbanas	≈120 kg CO ₂ /m ² u	Estudios de huella de carbono urbana
Consumo energético	Consumo energético medio de edificios terciarios y dotacionales	90-120 kWh/m ² año	Guías de eficiencia energética en edificios terciarios y referencias de consumo energético en edificios de nueva construcción
Factor de emisión del sistema eléctrico	Emisiones asociadas al consumo eléctrico durante la fase de explotación	≈0,18 kg CO ₂ /kWh	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) – Factores



Componente analizado	Parámetro de cálculo	Factor de emisión	Fuente
			de emisión para el cálculo de la huella de carbono de organizaciones
Captura de carbono por las zonas verdes	Captura media anual de carbono por la vegetación urbana	3-4 kg CO ₂ /m ² año	IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories y literatura científica sobre captura de carbono en espacios verdes urbanos

La metodología aplicada se basa en una aproximación, adecuada para el análisis ambiental de instrumentos de planeamiento urbanístico, donde no se dispone aún de proyectos constructivos detallados. En consecuencia, los valores obtenidos deben interpretarse como estimaciones orientativas de orden de magnitud, que permiten valorar la contribución potencial del desarrollo al cambio climático y orientar la incorporación de medidas de mitigación en fases posteriores de desarrollo del planeamiento y de redacción de los proyectos edificatorios.

A partir de la edificabilidad total prevista en el ámbito, la estimación se ha centrado principalmente en las emisiones correspondientes a la fase de construcción y en una aproximación a la fase de uso (consumo energético), considerando factores de emisión medios para edificaciones de uso terciario, dotacional y deportivo. Los factores adoptados en Europa para este tipo de usos se sitúan en rangos de 500–700 kg CO₂e/m²c, de acuerdo con bases de datos internacionales de evaluación del ciclo de vida de materiales y edificaciones.

6.2. Cálculo de la huella de carbono

6.2.1. Parámetros urbanísticos de la MPG

A continuación, se recogen los parámetros urbanísticos de la actuación de dotación planteada:

- La MPG asigna a la parcela el uso mixto Dotacional Colectivos en nivel de implantación privado, en las clases Deportivo (que se mantiene, si bien ajustado a la implantación existente y a sus necesidades de crecimiento) y de Equipamiento; e incorpora el uso de Servicios Terciarios.
- La MPG propone una superficie edificable total en la parcela de 532.550 m²t, lo que supone un incremento de 172.550 m²t respecto de la asignada en el planeamiento antecedente.



Como se ha explicado anteriormente los principales parámetros de la actuación de dotación son los siguientes:

MPG	
Clase y categoría de suelo del ámbito de la actuación de dotación	Urbano consolidado
Área homogénea a la que pertenece	AH 16.11 Ciudad Aeroportuaria y Parque de Valdebebas
Superficie ámbito de la actuación de dotación	1.200.187 m ² s
Superficie de parcela privada DO 190 resultante	975.729,52 m ² s
Uso Cualificado parcela DO 190	Mixto. Dotacional equipamiento privado principal y servicios terciarios y deportivo privado secundarios.
Superficie edificable homogeneizada máxima parcela DO 190	373.032,04 m ² c ug
Coef. de superficie homogeneizada	0,38231 m ² ug/m ² s
Superficie edificable máxima	532.550 m ² c
Coef. de superficie edificable máxima parcela DO 190	0,54579 m ² c/m ² s
Distribución de la superficie edificable por usos	
Equipamiento privado	276.000 m ² c
Servicios Terciarios	172.550 m ² c
Deportivo privado	84.000 m ² c
Dominio público hidráulico	2.452,37 m ² s
Red pública general	
Zonas verdes y espacios libres	129.951,89 m ² s
Equipamiento	35.311,51 m ² s
Vía pública	8.603,92 m ² s
Red pública local	
Zonas verdes y espacios libres	36.363,97 m ² s
Vía pública	11.773,82 m ² s
Superficie de parcela privada DO-190 resultante	975.729,52 m ² s



Uso		Superficie edificable m ² e	Coefficiente de homogeneización	Superficie edificable en uso global del área homogénea
Dotacional	Equipamiento privado	276.000	0,65	179.400,00
	Deportivo privado	84.000	0,04556	3.827,04
Servicios Terciarios (a excepción de gran superficie comercial)		172.550	1,1	189.805,00
TOTAL		532.550		373.032,04

6.2.2. Resultados preliminares del cálculo de la huella de carbono

El cálculo de la huella de carbono de la actuación se ha estructurado en los siguientes tres bloques:

1. Urbanización: incluye pavimentación, tendido de redes, viario, equipamientos públicos, etc.
2. Construcción de edificaciones
3. Absorción de carbono por las zonas verdes propuestas

Los factores de emisión considerados para cada uno de los bloques anteriores han sido los siguientes:

1. Urbanización: 120 kg CO₂e/m²u
2. Construcción de edificaciones:
 - Oficinas / terciario: 650 kg CO₂e/m²c
 - Equipamiento: 700 kg CO₂e/m²c
 - Instalaciones deportivas: 500 kg CO₂e/m²c
3. Absorción de carbono por las zonas verdes propuestas:
 - Captura media en zonas verdes urbanas: 3,5 kg CO₂/m²/año

Aplicando los factores anteriores a los parámetros de la actuación de dotación especificados en el epígrafe anterior, se obtienen los siguientes resultados en cuanto a emisiones de CO₂e:

1. Urbanización:
 - Superficie aproximada urbanizada nueva: 373.032,04 m²

Estimación de la huella de carbono asociada a la urbanización:

$$356.427 \text{ m}^2 \times 120 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2\text{u} = 44.763,84 \text{ tCO}_2\text{e}$$

2. Construcción de edificaciones:
 - Equipamiento privado: $179.400 \text{ m}^2 \times 700 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 = 125.580 \text{ tCO}_2\text{e}$
 - Deportivo privado: $3.827,04 \text{ m}^2 \times 500 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 = 1.913,52 \text{ tCO}_2\text{e}$
 - Servicios Terciarios: $189.805 \text{ m}^2 \times 650 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2 = 123.373,25 \text{ tCO}_2\text{e}$



Estimación de la huella de carbono asociada a la construcción de edificaciones: 250.866,77 tCO₂e

3. Absorción de carbono por las zonas verdes propuestas:

- Superficie total de zonas verdes: 166.315,86 m²

Captura anual de CO₂ asociada a las zonas verdes: 166.315,86 m² x 3,5 kg CO₂/m²/año = 582,10 tCO₂e

6.3. Estimación de emisiones asociadas a la fase de operación

Para el cálculo de la estimación de emisiones de CO₂ asociada a la fase de explotación del ámbito se ha partido de los siguientes valores de consumo energético medio según usos:

- Oficinas: 120 kWh/m²año
- Equipamiento: 100 kWh/m²año
- Deportivo: 90 kWh/m²año

De este modo, el consumo según usos sería el siguiente:

- Equipamiento privado: 179.400 m² x 100 kWh/m²año = 17,94 GWh
- Deportivo privado: 3.827,04 m² x 90 kWh/m²año = 0,34 GWh
- Servicios Terciarios: 189.805 m² x 100 kWh/m²año = 18,98 GWh

Consumo total estimado: 37,26 GWh/año

Considerando una emisión de 0,18 kg CO₂/kWh³, las emisiones de CO₂ durante la fase de operación se estiman en 6.706,8 tCO₂/año.

6.4. Balance climático

El balance climático de la actuación se obtiene mediante la siguiente fórmula:

(Emisiones asociadas a la urbanización + Emisiones asociadas a la edificación + Emisiones asociadas a la operación) – Captura anual asociada a las zonas verdes

De este modo, la huella de carbono estimada de la actuación es:

(44.763,84 tCO₂e + 250.866,77 tCO₂e + 6.706,8 tCO₂) – 582,10 tCO₂e = 301.755,31 tCO₂e

7 CONCLUSIONES

Aplicando los factores expuestos en la metodología a la actuación propuesta, se obtiene una huella de carbono derivada de las obras de urbanización en torno a 44.763,84 tCO₂e.

³ Factor eléctrico español actual (MITERD).



Asociada a la construcción del conjunto de edificaciones se estima una emisión del orden de 250.866,77 tCO₂e.

Adicionalmente, se ha realizado una estimación orientativa de las emisiones asociadas a la fase de funcionamiento de las edificaciones, considerando consumos energéticos medios para usos terciarios y dotacionales en edificios de nueva construcción. Bajo estas hipótesis, el consumo energético anual estimado del conjunto del desarrollo se sitúa en torno a 37,26 GWh/año, lo que, aplicando el factor medio de emisión del sistema eléctrico español (aprox. 0,18 kg CO₂/kWh), se traduce en unas emisiones operativas aproximadas de 6.706,8 tCO₂/año.

Además, se ha estimado una emisión de CO₂ asociada al tráfico circulante en el escenario futuro de 285.462,1 tCO₂e, si bien, estas emisiones se corresponden al incremento de tráfico previsto entre el escenario actual y el de entrada en servicio de las actuaciones propuestas por la MPG y no se deben asociar, exclusivamente, al tráfico asociado a dicha propuesta. Una estimación más concreta de las emisiones asociadas al tráfico generado por la ejecución de la MPG, así como de las derivadas de los sistemas de climatización finalmente implantados, se llevará a cabo en fases posteriores de la tramitación urbanística (proyecto de urbanización).

Por otra parte, el planeamiento prevé la generación de aproximadamente 166.315,86 m² de zonas verdes públicas, cuya presencia contribuye a la mejora del balance climático local. Estas superficies podrían suponer una captura anual estimada de aproximadamente 582,10 tCO₂/año, contribuyendo parcialmente a compensar las emisiones derivadas de la operación.

En resumen, la MPG implica un potencial incremento de emisiones debido al aumento de actividad en una parcela actualmente infrautilizada. Sin embargo, el incremento de emisiones asociado a la intensificación del uso urbano **quedará compensado por la incorporación de criterios de eficiencia energética y de zonas verdes (que actuarán como sumidero de CO₂), resultando un modelo urbanístico alineado con los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático.**

Por tanto, las actuaciones para reducir los efectos sobre el cambio climático deberán enfocarse en la reducción del uso de combustibles fósiles y fomento de las energías renovables en las edificaciones a construir, lo que permitirá reducir significativamente la huella de carbono operativa del ámbito a lo largo de su vida útil, en línea con los objetivos de descarbonización establecidos en las políticas climáticas europeas, nacionales, regionales y municipales.



En Madrid, julio de 2026



Fdo.: Manuel Ciudad
Ingeniero agrónomo



ALTACIA CONSULTORÍA
ESTRATÉGICA
MEDIOAMBIENTAL