



ANEXO XII.- ESTUDIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PLAN PARCIAL DEL SECTOR S-1 DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

**Autor del Encargo: ENTIDAD URBANÍSTICA COLABORADORA DEL SECTOR S-1
denominada “JUNTA DE COMPENSACIÓN DEL SECTOR S-1”**

Alcobendas (Madrid)

MAYO de 2024



ÍNDICE

ANEXO XII.- ESTUDIO DE CAMBIO CLIMÁTICO	4
1. Introducción.....	4
1.1. Contexto legal	4
1.2. Contenido y estructura.....	6
2. Metodología	7
2.1. Mitigación y emisiones de GEI (huella de carbono).....	7
2.2. Adaptación al cambio climático y evaluación de riesgos (resiliencia frente al cambio climático).....	7
3. Cálculo de la Huella de Carbono.....	9
3.1. Datos sobre el planeamiento	9
3.2. Consideración de escenarios para el cálculo de la huella de carbono	10
3.3. Resultados de la huella de carbono.....	12
3.4. Medidas para la reducción de la huella de carbono.....	15
4. Adaptación y Riesgos Asociados al Cambio Climático	19
4.1. Evaluación de impactos y riesgos del cambio climático	19
4.2. Medidas para la adaptación progresiva y la resiliencia frente al cambio climático	28
5. Análisis del Efecto “Isla de Calor Urbana”	30
5.1. Introducción	30
5.2. Análisis del efecto isla de calor urbana en el ámbito de estudio.....	30
6. Bibliografía	36



ANEXO XII.- ESTUDIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

1. Introducción

1.1. Contexto legal

El análisis del cambio climático en la evaluación ambiental de proyectos, planes o programas relacionados con la planificación y gestión territorial y/o urbanística se sustenta en dos documentos normativos de carácter estatal. En primer lugar, la **Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental**, según la cual, los promotores de planes, programas o proyectos sometidos a evaluación ambiental estratégica y evaluación de impacto ambiental deben analizar sus posibles efectos significativos sobre el cambio climático;

LEY 21/2013 DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

ANEXO IV - Contenido del estudio ambiental estratégico

3. Las *características medioambientales de las zonas* que puedan verse *afectadas* de manera significativa y su *evolución* teniendo en cuenta el *cambio climático esperado en el plazo de vigencia del plan o programa*.

6. Los *probables efectos significativos* en el medio ambiente, incluidos aspectos como... la *incidencia en el cambio climático*, en particular una evaluación adecuada de la *huella de carbono* asociada al plan o programa [...].

En segundo lugar, la **Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética**, confirma que el «*cambio climático ya es una realidad y sus impactos se muestran con una amplitud y profundidad crecientes*». Considera que «*sectores clave de nuestra economía dependen del clima, entre otros algunos como la vivienda o las actividades económicas como la industria o el sector servicios*». Por todo ello, su articulado parte de la base de que las «*acciones de adaptación reducen la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales frente al cambio del clima*». Y establece la obligación de integrar «*los riesgos derivados del cambio climático en la planificación y gestión de políticas sectoriales, como la territorial y urbanística, la de desarrollo urbano, la de edificación e infraestructuras del transporte*» entre otras.



LEY 7/2021 DE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Artículo 21. Consideración del cambio climático en la planificación y gestión territorial y urbanística, así como en las intervenciones en el medio urbano, en la edificación y en las infraestructuras del transporte.

1. La planificación y gestión territorial y urbanística, así como las intervenciones en el medio urbano, la edificación y las infraestructuras de transporte, a efectos de su adaptación a las repercusiones del cambio climático, perseguirán principalmente los siguientes objetivos:

- a) La *consideración, en su elaboración, de los riesgos derivados del cambio climático*, en coherencia con las demás políticas relacionadas.
- b) La *integración*, en los instrumentos de planificación y de gestión, de las *medidas* necesarias para propiciar la *adaptación progresiva y resiliencia frente al cambio climático*.
- c) La adecuación de las *nuevas instrucciones de cálculo y diseño de la edificación y las infraestructuras de transporte* a los efectos derivados del cambio climático, así como la adaptación progresiva de las ya aprobadas, todo ello con el objetivo de disminuir las emisiones.
- d) La consideración, en el diseño, remodelación y gestión de la *mitigación del denominado efecto «isla de calor»*, evitando la dispersión a la atmósfera de las energías residuales generadas en las infraestructuras urbanas y su aprovechamiento en las mismas y en edificaciones en superficie como fuentes de energía renovable.

Teniendo en cuenta los citados textos legislativos, el presente Anexo da cumplimiento a los preceptos descritos en ellos.



1.2. Contenido y estructura

Teniendo en cuenta los citados textos legislativos, el presente estudio da cumplimiento a los preceptos descritos en ellos.

Por tanto, la consideración del cambio climático en el contexto del presente Plan Parcial se basa en el análisis del cambio climático desde dos vertientes:

a) Evaluación de la Huella de Carbono e impacto en la capacidad de sumidero

En esta sección se estima el impacto del planeamiento propuesto en las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), materializadas en el cálculo de la huella de carbono.

Se tendrán en cuenta los siguientes sectores:

- Emisiones procedentes de los consumos de energía de los nuevos usos (en este caso se trata de un instrumento de planeamiento que contempla usos residenciales, terciarios y de equipamientos).
- Emisiones procedentes de la movilidad.
- Emisiones asociadas a los cambios de uso del suelo (cálculo de la pérdida del stock de carbono y la evaluación de la capacidad de sumidero de superficies forestales y de cultivo afectadas).

Como resultado, en cada una de las fases, se formulan toda una serie de medidas y recomendaciones para la reducción de los GEI.

b) Adaptación al cambio climático

En esta sección se realiza una **evaluación de la vulnerabilidad** y un **análisis de riesgos asociados al cambio climático**, que constituyen la base para definir y aplicar medidas de adaptación concretas y particularizadas al ámbito de estudio para ayudar a reducir el riesgo residual a un nivel aceptable.

El análisis incluirá, por tanto:

- Análisis de la sensibilidad.
- Análisis de la exposición.
- Análisis de la vulnerabilidad.
- Análisis de probabilidad.
- Análisis de impacto.
- Evaluación de riesgos
- Definición de medidas de adaptación.



2. Metodología

2.1. Mitigación y emisiones de GEI (huella de carbono)

Para calcular la huella de carbono asociada al “*Plan Parcial Sector S-1*” se emplea la herramienta de cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (en adelante GEI) desarrollada por la *Comunidad de Madrid* de manera específica para el planeamiento urbanístico.

El objetivo de esta herramienta es su instauración como instrumento comprensivo y sintético para la cuantificación de las emisiones de GEI con la finalidad última de su valoración para la toma de decisiones en el actual contexto de crisis climática.

Este instrumento incluye las actividades derivadas e influyentes que deberían ser incluidas en la solicitud de inicio de los instrumentos de planeamiento urbanístico, dentro del procedimiento de evaluación ambiental estratégica simplificada, en relación con los potenciales impactos ambientales en materia de cambio climático, de acuerdo con el *artículo 29* de la *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental*.

Supone además una propuesta de la información a incluir en la solicitud de inicio de los instrumentos de planeamiento urbanístico sometidos a evaluación ambiental estratégica ordinaria o simplificada en materia de cambio climático.

Esta herramienta de cálculo de huella de carbono es aplicable a los distintos tipos de planeamiento urbanístico lo que permite valorar el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), asociadas al planeamiento. Esto supone proporcionar en la práctica un asesoramiento científico y técnico en la valoración del cambio climático en expedientes administrativos urbanísticos de la Comunidad de Madrid.

En los cálculos integrados en dicha herramienta se incluyen los relativos al *consumo de energía, climatización y ACS, movilidad, consumo de agua y tratamiento y gestión de residuos, movilidad, alumbrado en viario público, agua de riego para zonas verdes y la captación de CO₂* por los sumideros de carbono en el ámbito objeto del planeamiento, tanto en la fase actual o de referencia, como en la propuesta por el planeamiento o escenario futuro.

En definitiva, para el planeamiento urbanístico en la Comunidad de Madrid, constituye la mejor opción para el cálculo de la huella de carbono en el contexto de la evaluación ambiental estratégica, que es el caso que nos ocupa.

2.2. Adaptación al cambio climático y evaluación de riesgos (resiliencia frente al cambio climático)

Marco teórico

El marco metodológico empleado para evaluar la adaptación al cambio climático es la publicación europea “**COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN: Orientaciones técnicas sobre la defensa contra el cambio climático de las infraestructuras para el período 2021-2027 (2021/C 373/01)**” (en adelante la *Comunicación 2021/C373/01* o simplemente la *Comunicación*), cuyo objetivo es «ofrecer unas orientaciones técnicas sobre la defensa contra el cambio climático de las infraestructuras para el período de programación 2021-2027».

Se trata, tal como se recoge en sus páginas, de una referencia útil para integrar las cuestiones relativas al cambio climático en las evaluaciones de impacto ambiental (EIA) y las evaluaciones ambientales estratégicas (EAE).



La Comunicación expone la importancia de evaluar la adaptación al cambio climático de los proyectos y planes en el marco de la EAE, en tanto que se trata de edificios, infraestructuras, etc. que “suelen ser de larga duración y pueden estar expuestas durante muchos años a un clima cambiante con repercusiones meteorológicas y climáticas extremas cada vez más adversas y frecuentes”.

Por lo tanto, la evaluación de la vulnerabilidad y el análisis de riesgos climáticos ayuda a determinar aquellos que son importantes y que sirven para definir, evaluar y aplicar medidas de adaptación específicas y concretas para un plan determinado, reduciendo y minimizando el riesgo residual a un nivel aceptable.

Enfoque metodológico

Partiendo, como base, de la *Comunicación 2021/C373/01*, el proceso metodológico para evaluar los riesgos asociados al cambio climático, en función de la vulnerabilidad, la sensibilidad y la exposición de la zona donde se integra el Plan Parcial y de sus características, así como de las proyecciones de cambio climático es el siguiente:

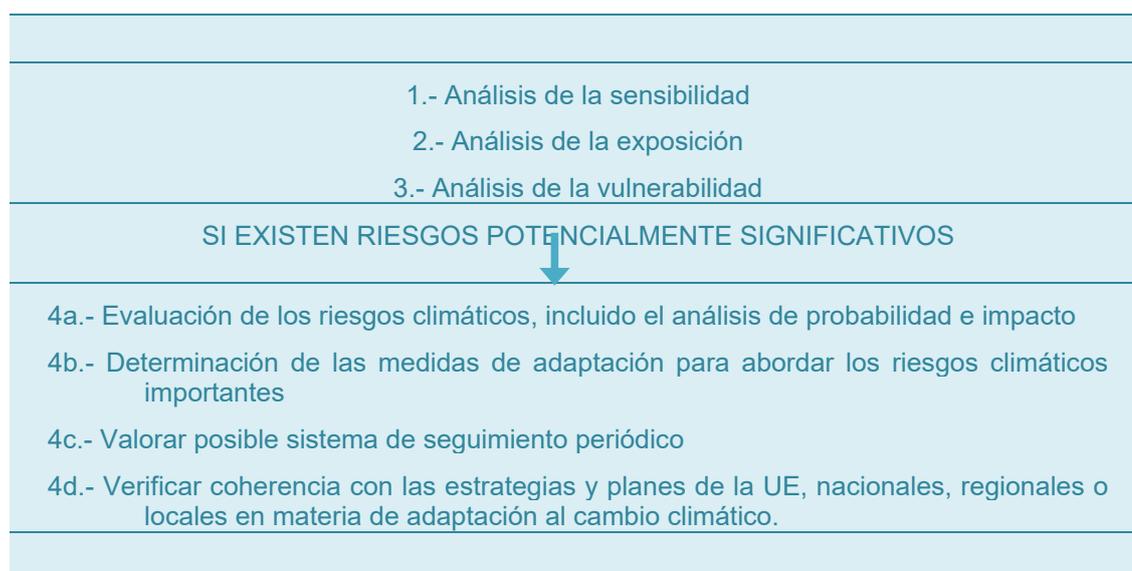


Figura 1. Esquema metodológico para adaptación. Fuente: elaboración propia según la Comunicación 2021/C373/01.

Las orientaciones metodológicas descritas son las que se emplean en este estudio para la evaluación de la vulnerabilidad y los riesgos climáticos, que se enriquecerán con otros posibles enfoques derivados del IPCC en el contexto del Sexto Informe de Evaluación (AR6).

En el apartado “*Adaptación y Riesgos asociados al cambio climático*” se ofrecen en detalle los datos de partida, ecuaciones de cálculo y los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad y el análisis de riesgos derivados del cambio climático en relación con el proyecto contemplado en el Plan Parcial.

3. Cálculo de la Huella de Carbono

3.1. Datos sobre el planeamiento

El **área cubierta** por la huella de carbono corresponde al **ámbito geográfico del planeamiento propuesto**, cuyos límites se señalan en la siguiente ortofoto.

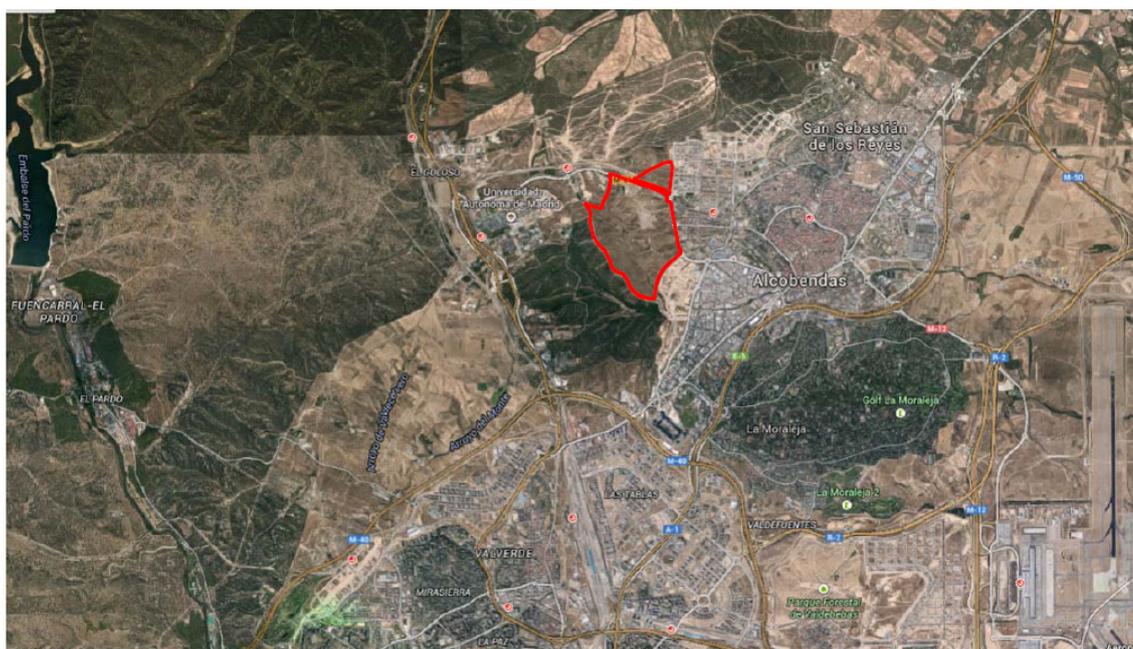


Figura 2. *Ámbito geográfico cubierto por la huella de carbono. Fuente: Propuesta de planeamiento.*



Figura 3. Detalle del ámbito geográfico cubierto por la huella de carbono. Fuente: Propuesta de planeamiento.

Los terrenos objeto de ordenación pormenorizada a través del Plan Parcial se encuentran ubicados en el Sector S-1 de Suelo Urbanizable Sectorizado del Plan General de Alcobendas (Madrid). El Sector se encuentra situado en el límite oeste del municipio de Alcobendas, colindante con el término municipal de Madrid. Se trata de un Sector discontinuo, dado que se encuentra atravesado por la carretera M-616, por lo que tiene una zona norte y una zona sur. El objetivo del Plan Parcial es colaborar con el Ayuntamiento de Alcobendas para el desarrollo urbanístico del Sector, con un uso global residencial, un uso pormenorizado prohibido industrial y un uso pormenorizado permitido terciario y dotacional.

El Sector contempla el mantenimiento de las edificaciones existentes con uso de residencia comunitaria (Orden de las Madres Capuchinas). Además, de la superficie susceptible de aprovechamiento del Sector, deberá excluir la superficie del Arroyo Valdelacasa.

3.2. Consideración de escenarios para el cálculo de la huella de carbono

Puesto que el planeamiento que nos ocupa es el definido como “planeamiento de desarrollo” a través de la figura del Plan Parcial que, a efectos del cálculo de la huella de carbono, implica un cambio de los usos del suelo, desde el actual, ocupado mayoritariamente por pastizales, retamares y algunas especies arbóreas, a un uso residencial. Por ello, se van a estimar las emisiones de GEI en la situación actual o de referencia, y en la situación operacional o absoluta, comparando ambos escenarios para cuantificar el impacto o efecto sobre la huella de carbono que representa el planeamiento urbanístico objeto de estudio.



Se consideran los siguientes escenarios para el cálculo de la huella de carbono que va a permitir comparar ambas situaciones:

- **Escenario de referencia o actual:** se calculan las emisiones correspondientes a los usos actuales. Los terrenos que ocupan el Sector actualmente están ocupados mayoritariamente por pastizales y retamares, fruto del abandono de la actividad agrícola de cultivos de secano, que hoy en día se ven reducidos a las áreas de menor pendiente localizadas en la margen izquierda del arroyo de Valdelacasa, así como la zona del Sector ubicada al norte de la M-616. Estas áreas se computarán como sumideros de carbono. Por otra parte, en la zona noroeste del Sector, existe un complejo edificios de titularidad del Arzobispado de Madrid, donde se ubica el Seminario *Redemptoris Mater* – Nuestra Señora de la Almudena–. Este complejo de edificaciones tiene en la actualidad una superficie de 3.475 m² construidos, de acuerdo con los datos catastrales. Junto a este complejo, existe una vivienda unifamiliar habitada en la actualidad, con una superficie de 350 m² construidos, aproximadamente. Estas construcciones se computarán en la Huella de Carbono como uso residencial.

Superficies actuales en la zona del Plan Parcial	
Superficie del sector (m ² s)	2.147.160
Usos residenciales	
Seminario <i>Redemptoris Mater</i>	3.475
Vivienda Unifamiliar	350
	3.825

Tabla 1. Datos de entrada para el cálculo de la huella de carbono en el escenario de referencia o actual.
Fuente: Propuesta de planeamiento.

Por lo tanto, a la superficie total del ámbito a ordenar, se le resta la superficie de los usos residenciales actuales, que se computa en la herramienta de huella de carbono como “uso de suelo no urbanizado” y actúan como sumideros de carbono. Por otra parte, dicha superficie de usos residenciales actuales se introduce en la herramienta para calcular las emisiones asociadas como uso residencial.

- **Escenario absoluto u operacional:** se calculan las emisiones correspondientes a los usos propuestos por el Plan Parcial. Los parámetros de entrada, por tanto, para la herramienta de cálculo de la huella de carbono bajo este escenario son:

Uso	Superficie edificable (m ² e)	Superficie de suelo (m ² s)	Nº de viviendas	
Residencial Unifamiliar	154.728	255.749	860	8.600
Residencial en bloque	863.297	622.585	7.740	
Terciario	26.378	20.136	-	-
Equipamiento privado (Dotacional)	29.177	19.552	-	-
ZONAS VERDES Y ESPACIOS LIBRES PRIVADOS				
Tipos	Superficie de suelo (m ² s)		Total	
Área de Transición	200.077		418.316	
Parque Central	212.271			
Jardines	5.968			
Espacios Libres Privados	-			

Tabla 2. Datos de entrada para el cálculo de la huella de carbono en el escenario absoluto u operacional.
Fuente: Propuesta de planeamiento.



→ **Emissiones relativas:** por último, se calcula la diferencia entre ambos escenarios, es decir, las emisiones absolutas o futuras respecto a las emisiones de referencia o actuales.

3.3. Resultados de la huella de carbono

Escenario de referencia o actual:

A partir de los datos indicados en el apartado anterior, relativos a los usos actuales correspondientes al suelo no urbanizado formado principalmente por pastizales y retamares, con pies dispersos de especies arbóreas, con una capacidad de sumidero de 2,38 tonCO₂ eq/hectárea, se ha calculado la huella de carbono correspondiente y que, según los datos introducidos en la herramienta, que supone un total de **- 510.113,7 kg de CO₂ eq/año**.

En la escasa superficie para uso residencial las únicas emisiones del ámbito se producen a partir de los consumos energéticos para climatización, agua caliente sanitaria, etc. del Seminario y la única vivienda unifamiliar presentes en el ámbito. De este modo, el resultado es **-465.624,2 kg de CO₂ eq/año**. Se trata, por tanto, de un **resultado negativo**, funcionado globalmente los usos actuales como sumidero.

Por todo ello, las emisiones del ámbito en el escenario de referencia o actual se reflejan en la siguiente tabla, diferenciado entre los distintos usos existentes en la actualidad:

Huella de carbono por usos (escenario actual o de referencia)	
Uso residencial (Seminario y vivienda unifamiliar)	+44.489,5
Uso de pastizales y retamares	-510.113,7
Huella de Carbono Total	-465.624,2

Tabla 3. Huella de Carbono del escenario de referencia correspondiente a los usos actuales. Fuente: Herramienta Huella de Carbono. Comunidad de Madrid.

Escenario absoluto u operacional:

Introduciendo en la herramienta los datos del escenario absoluto o futuro correspondiente a los usos residenciales, dotacionales y terciarios propuesto por el planeamiento, se han obtenido los siguientes resultados de la huella de carbono (kg de CO₂ eq/año):

Emisiones totales		
Usos	kg de CO ₂ eq / año	Porcentaje (%)
Uso terciario	2.238.794,3	8,8 %
Uso residencial	22.307.601,6	87,3 %
Uso industrial	0,0	-
Uso dotacional	461.760,0	1,8 %
Zonas verdes	539.236,5	2,1 %
Sumidero	- 47.618,3	-
TOTAL	25.499.774,1	100 %

Tabla 4. Resultado de la huella de carbono para los desarrollos propuestos por el planeamiento. Fuente: Elaboración propia a partir de la Herramienta Huella de Carbono. Comunidad de Madrid.



Figura 4. Emisiones de gases de efecto invernadero por fuentes y usos en el escenario absoluto o futuro. Fuente: Herramienta Huella de Carbono. Comunidad de Madrid.

Usos	Emisiones por fuentes (KgCO ₂ e/año)						
	Climatización y ACS	Consumo de energía	Consumo de agua	Tratamiento y gestión residuos	Movilidad	Alumbrado viario	Captación CO ₂
Uso Residencial	7.069.889,9	6.839.580,0	135.829,4	2.690.908,8	5.571.393,6	-	-
Uso Terciario	629.356,5	502.213,8	1.145,0	199.197,6	906.881,3	-	-
Uso dotacional	-	-	1.266,6	220.336,7	240.156,7	-	-
Viario y Zonas verdes	-	-	-	-	-	451.696,4	-
Sumidero	-47.618,3						
Total	7.699.246,4	7.341.793,8	138.241,0	3.110.443,1	6.718.431,6	451.696,4	-47.618,3

Tabla 5. Resultado de las emisiones por fuentes en el escenario absoluto o futuro. Fuente: Elaboración propia a partir de la Herramienta Huella de Carbono. Comunidad de Madrid (KgCO₂e/año).

En el siguiente gráfico se desglosan las emisiones de CO₂ por fuentes emisoras de gases de efecto invernadero.

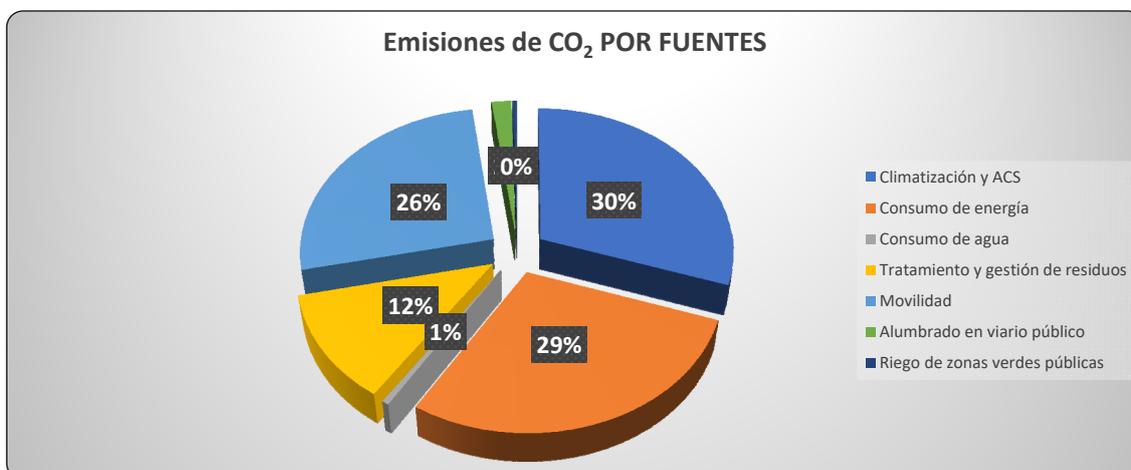


Figura 5. Distribución de las emisiones de CO₂ por fuentes. Fuente: Herramienta Huella de Carbono. Comunidad de Madrid.

Huella de carbono del escenario absoluto o futuro	
Emisiones por usos del ámbito	25.547.392,5
Sumideros de carbono	-47.618,3
EMISIONES TOTALES DEL ÁMBITO	25.499.774,2

Tabla 6. Huella de Carbono del escenario absoluto o futuro correspondiente a los usos propuestos por el planeamiento. Fuente: Herramienta Huella de Carbono. Comunidad de Madrid.

Emisiones relativas:

En la tabla siguiente se expone un resumen de las emisiones de CO₂ en el escenario absoluto u operacional (planeamiento propuesto) y de las emisiones de CO₂ del escenario de referencia o actual (uso de suelo actual). Por último, se muestran las emisiones relativas que supone la diferencia entre ambos escenarios.

	Escenario de Referencia (Be)	Escenario Absoluto (Ab)	Emisiones Relativas (Re)
Emisiones (t CO ₂ /año)	-465,6	25.499,8	+25.965,4
Superficie edificable (m ² e)	3.825	832.868	+829.043

Tabla 7. Emisiones relativas (diferencia entre el escenario actual y futuro). Fuente: Herramienta Huella de Carbono. Comunidad de Madrid.



El Plan Parcial objeto de análisis, respecto a su incidencia en lo que respecta a la huella de carbono, supone un incremento considerable de las emisiones de CO₂. La principal razón es que, actualmente, el uso mayoritario corresponde a una zona que funciona como sumidero de CO₂, es decir, resta emisiones de CO₂ a la atmósfera al ser fijadas por la vegetación presente en la actualidad (pastizales, retamares y otros arbustos y especies arbóreas dispersas). Ello supone una **huella de carbono en la actualidad** negativa, estimada en **-465,6 ton CO₂ eq/año**. Teniendo en cuenta que el Plan Parcial supone la urbanización para usos residenciales, y en menor medida terciarios y dotacionales, ello supondrá la utilización de combustibles y otras fuentes energéticas para climatización, generación de ACS, etc. así como emisiones de CO₂ procedentes del tráfico rodado generado por los nuevos usos (desplazamientos residenciales fundamentalmente) y otras emisiones derivadas de los usos energéticos para la iluminación de los viarios, el riego de zonas verdes, etc. Por ello, la **huella de carbono en el escenario absoluto o futuro** (nuevos usos propuestos por el Plan Parcial) asciende a **+25.499,8 ton CO₂ eq/año**.

De este modo, las **emisiones relativas de CO₂**, es decir, la diferencia entre el escenario actual y futuro es de **+25.965,4 ton CO₂ eq/año**. Si observamos la diferencia de la superficie edificable (generado de emisiones de CO₂), se pasa de 3.825 m²e a un total de 832.868 m²e. La diferencia es el aumento de la superficie edificable en **+829.043 m²e**, que es la razón fundamental del incremento de la huella de carbono.

3.4. Medidas para la reducción de la huella de carbono

La Ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética, en su artículo 21, indica que la planificación y gestión territorial y urbanística, así como las intervenciones en el medio urbano, la edificación y las infraestructuras de transporte perseguirán, entre otros objetivos, el de adecuar las nuevas instrucciones de cálculo y diseño de la edificación y las infraestructuras de transporte a los efectos derivados del cambio climático con el objetivo de disminuir las emisiones.

Así, las medidas aquí expuestas, van a tratar de reducir la demanda energética y fomentar la movilidad sostenible teniendo en cuenta los resultados de la huella de carbono para reducirla. En caso de aplicar estas medidas, y en los futuros proyectos de urbanización, siempre que se lleven a cabo acciones para reducir la huella de carbono, el impacto sobre la mitigación del cambio climático (reducción de emisiones de GEI) se verá considerablemente reducido.

Las medidas se describen brevemente, clasificándolas según fuentes emisoras y el ámbito al que corresponde la reducción de GEI relacionada. La clasificación se ha codificado mediante la siguiente simbología:

Fuentes emisoras	Alcance	Símbolo
Fuentes fijas o estacionarias	Combustibles (alcance 1)	
	Electricidad (Alcance 2)	
Fuentes móviles	Combustibles transporte (Alcance 1)	

Tabla 8. Clasificación de medidas según las fuentes emisoras y la reducción de GEI asociada



En la siguiente tabla se recogen las medidas y se clasifican en función del alcance y las fuentes emisoras. Después, se describen brevemente cada una de las medidas.

Nombre medida		Ámbito HC		
				
1	Sistemas de energías renovables para ACS por encima de lo exigido por el CTE			
2	Gestión energética a través de una Empresa de Servicios Energéticos (ESE's)			
3	Sistemas locales de producción de energía eléctrica con fuentes renovables			
4	Sistemas automatizados para el control de iluminación eléctrica en zonas comunes			
5	Infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos por encima de los exigido en el CTE			
6	Equipamientos comunitarios para bicicletas			

Tabla 9. Clasificación de medidas en función del alcance y las fuentes emisoras.

1.- Sistemas de energías renovables para ACS por encima de lo exigido por el CTE

Se trata de un requerimiento incluido en el CTE (*Documento Básico HE Ahorro de Energía – Sección HE4*) y que se aplica a los edificios de nueva construcción de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria. De hecho, en el propio documento, se especifica que las contribuciones solares que se recogen tienen el carácter de mínimos pudiendo ser ampliadas voluntariamente por el promotor.

En el caso de Alcobendas (zona climática IV en función de la radiación solar global media diaria anual) la contribución solar mínima es la siguiente:

Contribución solar mínima anual para ACS en %		
Demanda total de ACS del edificio (l/día)	Zona Climática	Porcentaje
50 -5.000	IV	40 %
5.000 – 10.000		50 %
>10.000		60 %

Tabla 12. Criterio de demanda de ACS de referencia a 60° C para los probables usos previstos.

El hecho de que, en los edificios contemplados en el planeamiento, en este caso de uso residencial, terciario y equipamientos, se realice una contribución superior al porcentaje que marca el CTE, supondría una reducción adicional de las emisiones de GEI.



2.- Gestión energética a través de una Empresa de Servicios Energéticos (ESE's)

Se trata de contratar una ESE para implantar un ciclo completo de servicios en instalaciones energéticas especializadas en comunidades de vecinos de los edificios residenciales.

El objetivo es gestionar, a través de una ESE, todas las cuestiones relacionadas con la energía con el objetivo de reducir la demanda energética y la mejora continua en este sentido.

Las fases suelen incluir desde el estudio inicial de todas las necesidades energéticas, pasando por la en análisis de la viabilidad de diferentes soluciones y su diseño considerando su mayor eficiencia y sostenibilidad, hasta la ejecución del proyecto, seguimiento, mejoras y aplicación, en caso necesario, de ampliaciones, renovaciones, y la operación, explotación y mantenimiento de las instalaciones energéticas.

3.- Sistemas locales de producción de energía eléctrica con fuentes renovables

Las instalaciones de generación de energía eléctrica con fuentes de energía renovable permiten el autoconsumo y la incorporación de la energía a mercados locales, contribuyendo a la diversificación de las fuentes de energía primaria, a la reducción de la dependencia energética y a la reducción de emisiones de CO₂.

El objetivo es crear una comunidad energética local en el ámbito del planeamiento, de forma que se instalen y gestionen sistemas de autoconsumo compartidos y de proximidad.

4.- Sistemas automatizados para el control de iluminación eléctrica en zonas comunes

La implantación de estos sistemas podría mejorar no solo la eficiencia energética, sino también reducir el coste económico. Otra de las ventajas es el aprovechamiento de la iluminación natural, que prolonga la vida útil de las luminarias, incrementa la productividad y el confort de las personas y permite lograr espacios adaptados y personalizables. Algunas de las múltiples acciones que lleva aparejada la implantación de estos sistemas automatizados son:

- *Sistemas automáticos de encendido y apagado*, para efectuarse adecuadamente, sin que se adelante el encendido ni se retrase el apagado, de forma que el consumo energético sea el estrictamente necesario. Esto se lleva a cabo a través de un interruptor crepuscular y un interruptor horario astronómico.
- *Sistemas de regulación del nivel luminoso* para que durante las horas de tráfico intenso de vehículos y/o peatones, el nivel medio de iluminación tenga un valor suficiente para satisfacer las necesidades visuales, pero pueda reducirse de manera programada cuando la demanda sea menor, reduciendo así el consumo energético.
- *Instalación de balastos serie tipo inductivo con doble nivel de potencia* que aportan una primera solución adecuada para la regulación del nivel luminoso de las instalaciones de alumbrado público.
- *Instalación de reguladores estabilizadores en cabecera de línea* para reducir la tensión de alimentación al conjunto lámpara - balasto, con lo que se obtienen disminuciones de potencia en torno al 40% para reducciones del flujo luminoso de la lámpara aproximadamente del 50%

Con todo ello, se lograrían reducciones importantes de las emisiones de GEI de alcance 2.

5.- Infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos por encima de los exigido en el CTE

El CTE, en el “Documento Básico HE Ahorro de energía - Sección HE 6 Dotaciones mínimas para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos” se indica que los edificios dispondrán de una infraestructura mínima que posibilite la recarga de vehículos eléctricos.

En concreto, para los **edificios de uso distinto al residencial privado** se instalarán sistemas de conducción de cables que permitan el futuro suministro a *estaciones de recarga* para al menos el 20% de las plazas de aparcamiento.



Para los **edificios de uso residencial privado** se instalarán sistemas de conducción de cables que permitan la instalación futura de estaciones de recarga para el 100% de las plazas de aparcamiento.

Además, se instalará una estación de recarga por cada 40 plazas de aparcamiento debiendo instalarse siempre, como mínimo, una estación de recarga.

Superándose estas contribuciones mínimas, se fomenta la adquisición y uso de vehículos eléctricos con la consiguiente reducción de emisiones de GEI.

6.- Equipamientos comunitarios para bicicletas

Con el objetivo de fomentar una movilidad sostenible y cero emisiones netas, es necesario dotar a los espacios públicos y privados de las condiciones necesarias para que los ciudadanos realicen sus desplazamientos en bicicleta de forma cómoda, segura y eficaz.

En este sentido, esta medida se dirige a la construcción de espacios de aparcamientos o guarda-bicis seguros y/o vigilados, en las zonas comunes de los edificios de uso residencial, equipamientos y zonas comerciales asociadas.

Del mismo modo, el establecimiento de puntos de recarga para bicicletas eléctricas podría suponer una acción que junto a la construcción de carriles-bici segregados del tráfico permitiría reducir de manera notable las emisiones de GEI asociadas a la movilidad en el ámbito del Planeamiento.

4. Adaptación y Riesgos Asociados al Cambio Climático

4.1. Evaluación de impactos y riesgos del cambio climático

El principal objetivo del análisis de adaptación es “detectar los riesgos climáticos significativos como base para la determinación, evaluación y aplicación de medidas específicas de adaptación”, tal como se recoge en la **Comunicación 2021/C373/01**, en donde además se propone el siguiente esquema metodológico que es el que se sigue en este documento:

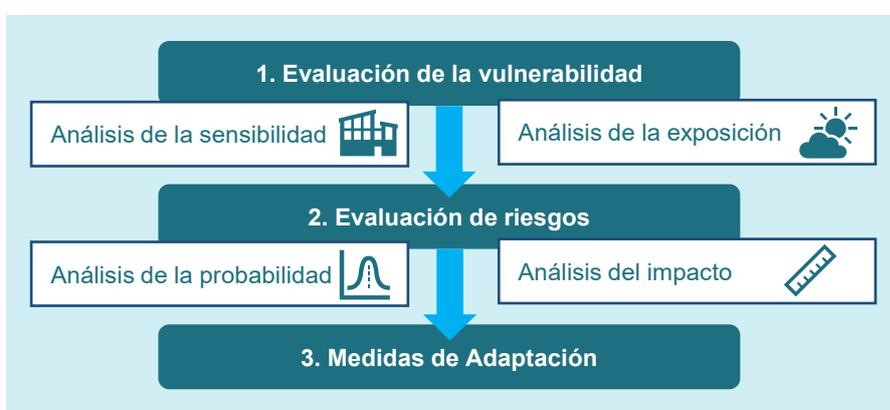


Figura 6. Resumen indicativo de la evaluación de la vulnerabilidad y los riesgos climáticos. Fuente: Comunicación 2021/C373/01

Estas tres fases se materializan a continuación, exponiendo los datos que se integran en los análisis, las fuentes de datos, procedimiento y resultados.

FASE 1 – Evaluación de la vulnerabilidad

Esta fase es determinante para la definición de las medidas de adaptación adecuadas al plan objeto de análisis, y consta de tres análisis:

- Análisis de la sensibilidad
- Evolución de la exposición actual y futura
- Combinación de ambos para la evaluación de la vulnerabilidad

El objetivo de esta fase es “determinar los peligros climáticos pertinentes para el tipo de plan o proyecto específico en la ubicación prevista”.

Subfase 1.1. Análisis de la sensibilidad

El objetivo es *determinar que peligros climáticos son relevantes para el tipo específico de proyecto o plan*, independientemente de su ubicación.

Para el “Plan Parcial” se analizan cuatro temas específicos:

- Activos sobre el terreno: se trata de los bienes materiales o tangibles que resultan del planeamiento y su materialización en el espacio geográfico, es decir, los edificios, calles, zonas verdes, mobiliario urbano y otros elementos arquitectónicos, etc.
- Disponibilidad de insumos: son los recursos naturales y energéticos que permiten el funcionamiento de los usos previstos, es decir, agua, energía, etc. para los usos residenciales, terciarios, etc.



- **Resultados:** son los productos o servicios derivados de la materialización del planeamiento, es decir, en este caso los servicios económicos asociados a los usos terciarios, la capacidad habitacional, la movilidad, y la satisfacción de las necesidades de las personas que desarrollan su actividad en el ámbito del Plan (empleados, visitantes, etc.).
- **Enlaces y conexiones con sistemas de transporte:** se trata de la conexión o relación en coherencia con los usos y actividades presentes en las zonas adyacentes. Tanto en lo que se refiere a los nodos y redes que conforman las infraestructuras de transporte, como la conexión con otras zonas verdes o las relaciones con los nodos urbanos.

Y los siguientes peligros o amenazas climáticas:

- Inundaciones
- Temperaturas extremas
- Sequías / Disponibilidad del agua
- Lluvias torrenciales
- Ráfagas de aire, vendavales, tormentas
- Daños por Contrastes térmicos
- Efecto isla de calor urbana (en adelante ICU) y olas de calor

En la siguiente matriz se analiza la sensibilidad en base a la siguiente escala:

- **Sensibilidad Alta:** el peligro climático podría tener un impacto significativo en los activos, procesos, insumos, productos y enlaces de transporte.
- **Sensibilidad Media:** el peligro climático podría tener un impacto ligero en los activos, procesos, insumos, productos y enlaces de transporte.
- **Sensibilidad Baja:** el peligro climático no tiene ningún impacto (o es insignificante).

MATRIZ DE SENSIBILIDAD					
Criterios de análisis		Activos (edificios, calles, parques...)	Insumos (recursos energéticos y naturales)	Resultados (actividad residencial y asociadas)	Enlaces y conexiones (redes y nodos de transporte)
Peligros climáticos	Inundaciones	Alta	Baja	Alta	Alta
	Sequías	Baja	Alta	Baja	Baja
	Lluvias torrenciales	Alta	Baja	Baja	Baja
	Temperaturas extremas	Baja	Alta	Baja	Baja
	Ráfagas de aire	Alta	Baja	Baja	Baja
	Contrastes térmicos	Alta	Baja	Baja	Baja
	Olas de calor	Baja	Baja	Alta	Baja

Tabla 10. Análisis de sensibilidad. Fuente: elaboración propia.

Subfase 1.2. Análisis de la exposición

El objetivo es “determinar qué peligros son pertinentes para la ubicación prevista del plan o proyecto”. De esta forma, el análisis de la exposición se enfoca en la ubicación, mientras que el análisis de sensibilidad se centra en el tipo de plan o proyecto.



Para efectuar el *análisis de la exposición* es necesario contar con datos relativos al clima, tanto actual como futuro. Estos datos se obtienen del “**Visor de Escenarios de Cambio Climático**” desarrollado en el marco del **PNACC** (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático)¹, que está orientado a facilitar la consulta de proyecciones regionalizadas de cambio climático para España, realizadas a partir de las proyecciones globales del Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático) en el marco de la iniciativa Escenarios-PNACC 2017.

Para este estudio, los datos elegidos en cuanto a horizontes temporales y escenarios de emisiones, para analizar la exposición, son los siguientes:

- Escenario de emisiones o **Trayectorias de Concentración Representativas** (RCP, de sus siglas en inglés): **RCP4.5**, que representa un escenario en el que las emisiones de GEI se estabilizarán hacia el año 2100.
- **Horizonte temporal**: periodo de análisis **futuro medio**, correspondiente a **2041-2070**. Se emplean los datos relativos de referencia al periodo base comparativo, que representa la anomalía respecto al clima del periodo **1971-2000**.

El sistema de puntuación o cuantificación de la exposición se ha calculado conforme a los siguientes parámetros:

- Se han tomado los datos globales para el conjunto del territorio peninsular, modelizados para el mismo periodo (2041-70 respecto a 1971-2000) y bajo el mismo escenario de emisiones (RCP4.5).
- De estos datos, se ofrecen los estadísticos, en el propio “**Visor de Escenarios de Cambio Climático**”.
- De estos estadísticos se ha tomado el valor correspondiente al año 2050, escogiendo el rango de valores mínimo y máximo.
- Entre este rango mínimo y máximo se han dividido tres conjuntos de valores iguales, clasificando cada uno de ellos en bajo, medio y alto respectivamente.
- El valor de la zona de estudio se clasifica dentro de uno de estos tres umbrales definidos, que se corresponden con una exposición *Alta*, *Media* o *Baja*.

Conforme a estos criterios, en la siguiente tabla se resume el análisis de la exposición en el ámbito del planeamiento, incluyendo la cuantificación de la magnitud de los cambios del clima, es decir, de la exposición, en los citados tres rangos o umbrales definidos:

- **Exposición Alta**: los valores de los cambios de la variable climática se encuentran en el tercio superior de los valores modelizados para todo el territorio peninsular.
- **Exposición Media**: los valores de los cambios de la variable climática se encuentran en el tercio medio de los valores modelizados para todo el territorio peninsular.
- **Exposición Baja**: los valores de los cambios de la variable climática se encuentran en el tercio inferior de los valores modelizados para todo el territorio peninsular.

¹ Se puede ampliar la información en el documento: ERNESTO RODRÍGUEZ (AEMET) y JOSÉ M. GUTIÉRREZ (CSIC-UC). “*Escenarios-PNACC 2017: Nueva colección de escenarios de cambio climático regionalizados del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)*”. Madrid, 2018. Disponible en: <http://escenarios.adaptecca.es/doc/pnacc.pdf>



MATRIZ DE EXPOSICIÓN		
Variables climáticas		Anomalía en 2041-70 respecto a 1971-2000
Temperaturas	Temperatura máxima	+2,1°C
	Temperatura mínima	+1,7
	Temperatura máxima extrema	+1,6 C
	Temperatura mínima extrema	+1,3 C
	Nº de noches cálidas	+35,2 noches
	Nº de días cálidos	+29,9 días
	Nº días con temperatura mínima >20°C	+11,5 días
	Grados-día de refrigeración	+77,9°
	Grados-día de calefacción	-429,3°
	Duración máxima olas de calor	+10,6 días
	Amplitud térmica	+0,5 C
Precipitación	Precipitación	-27,4 mm/año
	Precipitación máxima en 24 h	+0.85 mm/día
	Nº de días de lluvia	-8,3 días
	Nº días de precipitación <1mm	+8,2 días
	Nº días consecutivos de precipitación <1mm	+6,3 días

Tabla 11. Análisis de exposición. Fuente: elaboración propia a partir de los “Escenarios de cambio climático regionalizados del PNACC”.

Subfase 1.3. Análisis de la vulnerabilidad

El análisis de la vulnerabilidad combina el resultado de los análisis de sensibilidad y exposición. De esta forma la *vulnerabilidad depende del signo y la magnitud del cambio climático (exposición); y del grado de afectación (sensibilidad)*.

Ello va a determinar la capacidad de adaptación de un sistema para hacer frente a la variabilidad climática a corto, medio y/o largo plazo.

La vulnerabilidad se va a calcular de la siguiente forma:

$$V = \frac{(\sum (E_1, E_2, E_3...)/n) + S}{2}$$

Donde,

V = Vulnerabilidad

E = Exposición

S = Sensibilidad

En la siguiente matriz, aplicando la ecuación de cálculo, se cruzan los valores de exposición y sensibilidad, que dan como resultado la vulnerabilidad en el ámbito territorial del Plan.

Tabla 14: Análisis de la vulnerabilidad. Fuente: elaboración propia.



De este modo, la **vulnerabilidad** se obtiene a partir de los valores expuestos en la siguiente matriz:

		VALOR SENSIBILIDAD					
		Inundaciones	Sequías	Lluvias torrenciales	Temperaturas extremas	Contrastes térmicos	Olas de calor
EXPOSICIÓN A LAS AMENAZAS CLIMÁTICAS	Temperatura máxima	Medio					Medio
	Temperatura mínima	Medio					
	Temperatura máxima extrema	Alto			Alto	Alto	Alto
	Temperatura mínima extrema	Medio				Bajo	
	Nº de noches cálidas	Alto					Alto
	Nº de días cálidos	Bajo					Bajo
	Nº días con temperatura >20°C	Medio					Alto
	Grados-día de refrigeración	Medio					Alto
	Grados-día de calefacción	Bajo					
	Duración máxima olas de calor	Bajo					Bajo
	Amplitud térmica	Alto			Medio	Medio	
	Precipitación	Medio		Medio			
	Precipitación máxima en 24 h	Bajo	Bajo	Bajo			
	Nº de días de lluvia	Bajo		Medio			
	Nº días de precipitación <1mm	Medio		Medio			
	Nº días consecutivos de precipitación <1mm	Medio		Medio			
VALOR VULNERABILIDAD		Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio

Tabla 12. Vulnerabilidad del Planeamiento frente a los peligros o amenazas climáticas y la sensibilidad.
Fuente: elaboración propia



Como resultado se obtienen los valores de vulnerabilidad recogidos en la tabla siguiente:

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	
Peligros climáticos	Vulnerabilidad
Inundaciones	Media
Sequías	Baja
Lluvias torrenciales	Baja
Temperaturas extremas	Media
Contrastes térmicos	Media
Olas de calor	Media

Tabla 13. Vulnerabilidad del Planeamiento a los peligros o amenazas climáticas. Fuente: elaboración propia

FASE 2 – Evaluación de riesgos

La evaluación de riesgos se realiza a partir de la evaluación de la probabilidad y la gravedad de los impactos relacionados con los peligros o amenazas climáticas identificadas en la evaluación de la vulnerabilidad.

El objetivo es *cuantificar la importancia que los riesgos tienen para el plan o proyecto en las condiciones climáticas previstas.*

El concepto de riesgo alude al *“potencial de consecuencias cuando algo de valor está en peligro y donde el resultado es incierto, reconociendo la diversidad de valores. El riesgo se representa a menudo como la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos o tendencias multiplicados por los impactos, si ocurrieran estos eventos o tendencias”* (Laura Crespo García, Fernando Jiménez Arroyo; CEDEX, 2020)².

² “Metodología de análisis de adaptación al cambio climático de infraestructuras de transporte”. Área de Cambio Climático y Contaminación Atmosférica del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA), del CEDEX.



Subfase 2.1. Análisis de la probabilidad

Se analiza la probabilidad de que los peligros climáticos, a los que el *Plan Parcial* puede verse sometido en la zona donde se ubica, se materialicen en un plazo determinado.

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de la probabilidad en escalas ofrecida por el IPCC³ y que se emplea en el presente estudio.

<i>Escala</i>		<i>Cualitativa</i>	<i>Cuantitativa</i>
Raro	1	<i>Muy poco probable que ocurra</i>	5 %
Improbable	2	<i>Poco probable que ocurra</i>	20 %
Moderado	3	<i>Misma probabilidad de ocurrir que de no ocurrir</i>	50 %
Probable	4	<i>Es probable que ocurra</i>	80 %
Casi Seguro	5	<i>Es muy probable que ocurra</i>	95 %

Tabla 14. Escala indicativa para evaluar la probabilidad de un peligro climático. Fuente: IPCC

Teniendo en consideración la clasificación, y aplicándola a la zona de estudio, en función de su localización, eventos similares acaecidos en el periodo actual o histórico, y las características climáticas actuales y futuras, la **probabilidad de ocurrencia de los peligros o amenazas climáticas** se muestra en la tabla siguiente:

ANÁLISIS DE LA PROBABILIDAD	
<i>Peligros climáticos</i>	<i>Probabilidad</i>
Inundaciones	<i>Probable (4)</i>
Sequías	<i>Probable (4)</i>
Lluvias torrenciales	<i>Probable (4)</i>
Temperaturas extremas	<i>Probable (4)</i>
Contrastes térmicos	<i>Moderado (3)</i>
Olas de calor	<i>Casi seguro (5)</i>

Tabla 15. Probabilidad de que las amenazas climáticas afecten al plan o proyecto. Fuente: elaboración propia

³ IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, capítulo 1, p. 75; Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/05_SROCC_Ch01_FINAL.pdf.



Subfase 2.2. Análisis del impacto

El análisis del impacto trata de valorar los posibles efectos derivados del peligro o amenaza climática en caso de que ésta se produzca. Es un concepto que también se conoce como *gravedad o magnitud*.

Los impactos o efectos, en el caso que nos ocupa, se analizan sobre los activos y usos, es decir, las infraestructuras asociadas al planeamiento, así como los equipamientos, en este caso zonas verdes o espacios públicos, y las edificaciones residenciales y dotacionales, que están relacionados con los activos físicos y el uso para el que están diseñados, así como otros factores asociados como la salud y la seguridad, los beneficios ambientales y sociales, los elementos de accesibilidad o uso del espacio público.

Para todos estos insumos, activos físicos y usos, se realiza el análisis de la magnitud o gravedad que, combinado con la probabilidad, da como resultado final el análisis de los impactos:

Escala	Descripción de la magnitud o gravedad	
Insignificante	1	Impacto mínimo que se puede mitigar a través de la actividad normal
Leve	2	Efectos que afectan al uso normal, materializándose en impactos localizados de manera temporal
Moderado	3	Efectos moderados o graves que requieren medidas específicas y adicionales para su corrección
Grave	4	Efectos críticos que requieren medidas extraordinarias y que redundan en impactos a más largo plazo
Catastrófico	5	Carácter de desastre natural con potencial efecto de destrucción o cese del uso normal, generando daños significativos permanentes o de largo plazo.

Tabla 16. Escala indicativa para evaluar la magnitud de los efectos. Fuente: elaboración propia a partir de la Comunicación 2021/C373/01

En la siguiente tabla se recoge el análisis combinado de **probabilidad y magnitud de los peligros climáticos** sobre los activos físicos.

Activos físicos y usos sobre los que recae el riesgo	ANÁLISIS DE LA MAGNITUD DEL IMPACTO											
	Probabilidad y magnitud de los peligros o amenazas climáticas											
	Inundaciones		Sequías		Lluvias torrenciales		Temperaturas extremas		Contrastes térmicos		Olas de calor	
	Prob	Mag	Prob	Mag	Prob	Mag	Prob	Mag	Prob	Mag	Prob	Mag
Edificaciones		3		1		3		2		3		2
Zonas verdes		2		4		1		3		2		3
Infraestructuras		3		1		3		2		3		1
Salud y seguridad	4	3	4	4	4	3	4	4	3	3	5	4
Medio ambiente		2		5		2		3		2		3
Medio social		3		3		3		5		3		4
Uso del espacio público		2		3		3		5		3		3

Tabla 17. Evaluación de la probabilidad y magnitud del impacto sobre los activos. Fuente: elaboración propia



Finalmente, a través de la siguiente ecuación, se calcula el **riesgo climático** para el “Plan Parcial»:

$$R = Pr * Mg$$

Donde,

R = Riesgo Climático

Pr = Probabilidad

Mg = Magnitud

Según esta fórmula, la escala del riesgo es la siguiente:

Escala de riesgo	
1-4	Insignificante
5-9	Bajo
10-14	Medio
15-19	Alto
20-25	Muy Alto

Tabla 18. Escala indicativa para evaluar el riesgo climático. Fuente: elaboración propia

	EVALUACIÓN DE RIESGOS					
	Peligros climáticos					
	Inundaciones	Sequías	Lluvias torrenciales	Temperaturas extremas	Contrastes térmicos	Olas de calor
Activos físicos y usos sobre los que recae el riesgo						
<i>Edificaciones</i>	12	4	12	8	9	10
<i>Zonas verdes</i>	8	16	4	12	6	15
<i>Infraestructuras</i>	12	4	12	8	9	5
<i>Salud y seguridad</i>	12	16	12	16	9	20
<i>Medio ambiente</i>	8	20	8	12	6	15
<i>Medio social</i>	12	12	12	20	9	20
<i>Uso del espacio público</i>	8	12	12	20	9	15

Tabla 19. Evaluación de riesgos climáticos asociados al planeamiento analizado. Fuente: elaboración propia a partir de la Comunicación 2021/C373/01

4.2. Medidas para la adaptación progresiva y la resiliencia frente al cambio climático

La **Ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética**, en su **artículo 21**, indica que la planificación y gestión urbanística y la edificación, a efectos de su adaptación a las repercusiones del cambio climático, perseguirá, entre otros objetivos, el de *integrar las medidas necesarias para propiciar la adaptación progresiva y resiliencia frente al cambio climático*.

En este apartado se integran dichas medidas, las cuales están ajustadas a la evaluación de la vulnerabilidad y la identificación de riesgos evaluada en el apartado anterior, siendo específicas y particulares para los riesgos detectados en el ámbito de el *Plan Parcial*.

Se trata, por tanto, de medidas estructuradas y definidas en base a los principales impactos del cambio climático que pueden afectar a los activos físicos, usos y actividades del planeamiento objeto de análisis.

Con el fin de identificar los riesgos a los que se dirigen las medidas, se emplea la siguiente simbología:

Inundaciones		Temperaturas extremas	
Sequías		Contrastes térmicos	
Lluvias torrenciales		Olas de calor	

Tabla 20. Simbología para identificar los riesgos a los que se dirigen las medidas. Fuente: elaboración propia



En la siguiente tabla se exponen las **medidas** y el impacto o riesgo al que se dirigen para su corrección, minimización o eliminación.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN FUNCIÓN DE LOS RIESGOS DETECTADOS						
Medidas	Riesgos					
						
Redes peatonales y zonas verdes con sombras						
Cubiertas verdes y fachadas vegetales						
Uso de materiales de alta reflectancia						
Zonas verdes con especies de bajos requerimientos hídricos						
Sistemas de recogida y reutilización de aguas pluviales						
Aplicar criterios de soleamiento y sombreado adecuados para facilitar la circulación de los vientos						
Disposición de las edificaciones evitando un efecto “barrera” para la evacuación de las aguas ante inundaciones						
Introducción de criterios bioclimáticos en el diseño del viario y los espacios abiertos adaptados a la variabilidad climática diaria y anual						
Utilización de materiales resistentes a los cambios bruscos de temperaturas y de hielo-deshielo						
Reducir la impermeabilización de superficies						
Plantación de árboles de sombra						
Aplicar criterios de orientación solar para atenuar necesidades calefacción y aire acondicionado						
Utilización de materiales de más resistentes a los desastres naturales						

Tabla 21. Medidas de Adaptación para Plan Parcial “Los Olivos”. Fuente: elaboración propia



5. Análisis del Efecto “Isla de Calor Urbana”

En este apartado se realiza un análisis más detallado de uno de los riesgos que se han identificado como más problemáticos, debido a su elevada probabilidad de ocurrencia, así como por el impacto que puede llegar a tener sobre algunos o todos los servicios, activos físicos o usos en el ámbito del planeamiento.

Se trata del **efecto de la “isla de calor urbana”**, que es un fenómeno común y cada vez más frecuente en esta latitud y en ciudades de tamaño medio como es Alcobendas, situada además en la corona metropolitana de una gran ciudad como Madrid.

Este fenómeno, unido a otros peligros climáticos como las sequías o la duración de las olas de calor, pueden llegar a tener consecuencias graves para la salud humana, el medio ambiente urbano, la degradación del espacio público e incluso sobre el uso de las edificaciones.

5.1. Introducción

El **efecto “Isla de Calor Urbana”** -en adelante **ICU**- se produce en los núcleos urbanos cuando se producen temperaturas más altas que en sus alrededores, de manera que a medida que nos vamos alejando progresivamente del centro urbano, las temperaturas van descendiendo, tal como se puede observar en la siguiente figura.

La causa está en el crecimiento desmedido de las ciudades y la sustitución de la vegetación por superficies construidas que, junto a la presencia de edificios y otras infraestructuras, modifican el albedo, es decir, la cantidad de radiación que incide sobre una superficie y que es devuelta al espacio. De esta forma, las superficies oscuras absorben el calor y lo retienen, mientras que los edificios constituyen obstáculos para la circulación de los vientos, que actúan reteniendo el aire caliente y los contaminantes. Las temperaturas altas, además, provocan una mayor demanda de energía para refrigeración, lo que intensifica aún más el ICU, además de contribuir la emisión de GEI y otros contaminantes atmosféricos.

Las consecuencias más importantes son el impacto que genera sobre la salud humana y la calidad de vida en las ciudades con el aumento de enfermedades, el empeoramiento de la calidad del aire y la contribución al fenómeno del cambio climático.

Por último, conviene destacar la relación estrecha entre la ICU y el cambio climático. En este sentido, el IPCC ratifica que el aumento de la frecuencia de los días cálidos y el aumento de las temperaturas medias y temperaturas máximas incrementará el efecto ICU, aumentando su intensidad y presencia, mientras que sus impactos serán más graves y dañinos.

5.2. Análisis del efecto isla de calor urbana en el ámbito de estudio

➔ Situación actual

Para analizar el efecto de la ICU, se emplean unos datos de partida que constituyen variables o factores que inciden en la aparición del efecto ICU. A continuación, se describen brevemente los datos utilizados y se muestra el análisis realizado a partir de un Sistema de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés).

- **Datos de temperatura de la superficie terrestre (Land Temperature Surface)** procedentes del satélite **MODIS (MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer)** cuyas imágenes y archivos se pueden descargar en: <https://search.earthdata.nasa.gov/search>. Incluye dos sensores a bordo de los satélites Aqua y Terra, que realizan observaciones de la tierra con una cobertura mundial y una resolución espacial de 1 km para los datos diarios de temperatura de la superficie.

En este caso se emplean los datos catalogados como MOD11A1 - MODIS/Terra Land Surface Temperature Daily L3 Global 1km SIN Grid V006, empleando solo los datos de las superficies en horario diurno. Estos datos, en formato ráster, se integran en el GIS y se realizan las transformaciones necesarias mediante la calculadora ráster para obtener el promedio mensual a partir de los datos diarios descargados del mes de julio de 2021.

En los mapas siguientes se observa que el ámbito se localiza en un entorno cuyo promedio de la temperatura superficial en julio del año 2021 oscila entre **41° y 43°C**. Si se comparan estos datos con la **temperatura del aire** (temperaturas medidas de las máximas⁴), cuyos datos proceden del Atlas Nacional de España (Temperatura media de las máximas de julio en 1981-10)⁵, se observa una diferencia entre la temperatura del aire y la temperatura superficial de unos **11° C**, lo que indica una **ICU de bastante intensidad en la zona de estudio**.

ANÁLISIS DE LAS TEMPERATURAS (°C)			
Variable		Dato	Diferencia
Temperatura de la superficie	Promedio de la temperatura de la superficie terrestre en julio 2020	43 °C	11 °C
Temperatura del aire	Promedio de las máximas del mes de julio en 1981-10	32 °C	

Tabla 22. Temperatura atmosférica en el periodo 1981-2010 y temperatura de la superficie terrestre en julio de 2021. Fuente: Atlas Nacional de España y NASA.

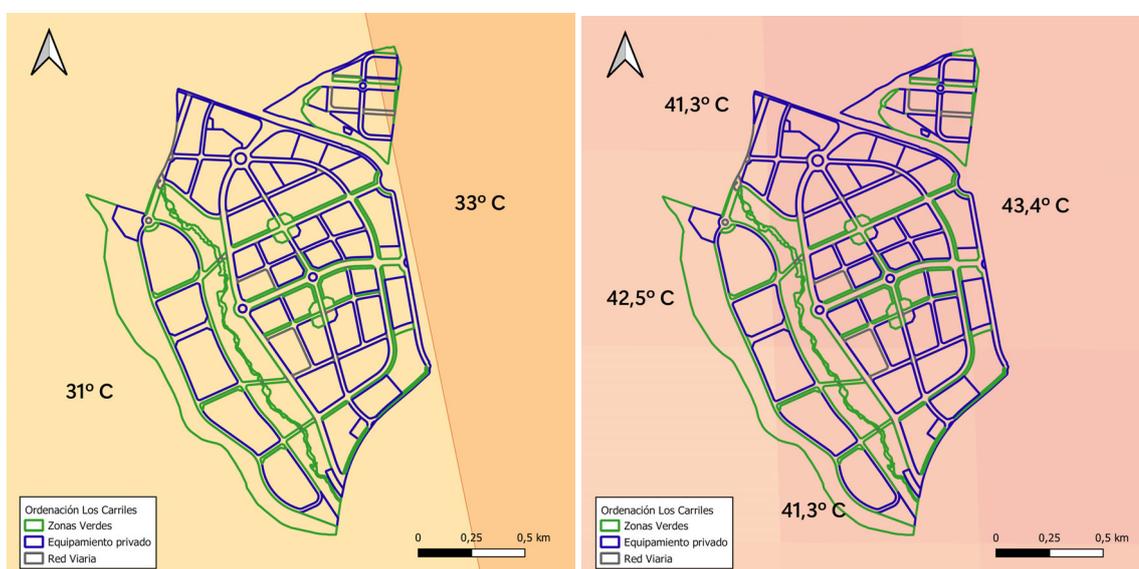


Figura 7. Temperatura atmosférica en el periodo 1981-2010 y temperatura de la superficie terrestre en julio de 2021. Elaboración propia a partir de los datos de Atlas Nacional de España y NASA.

⁴ Los datos de la temperatura del aire corresponden a la *media de las máximas del mes de julio* del periodo 1981-10, habiéndose tomado la media de las máximas y no la media diaria, al ser las máximas son las equivalentes a las utilizadas de MODIS en las horas centrales del día.

⁵ <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=TESAN>.

- **Porcentaje de superficie impermeable** del *Programa Europeo Copernicus de Observación de la Tierra*. Estas capas se descargan del CNIG, en su Centro de Descargas (<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=TESAN#>), así como desde la web <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers>.

En concreto se han empleado las denominadas “*High Resolution Layers: Imperviousness Density 2015*”. Dentro de esta información de alta resolución, la variable que interesa es el nivel de suelo sellado (impermeabilidad).

Se trata de un producto que captura el porcentaje de sellado del suelo, puesto que las áreas construidas se caracterizan por la sustitución de la cobertura del suelo semi-natural original o la superficie del agua por una cubierta artificial, a menudo impermeable. La impermeabilidad HRL captura la distribución espacial de las áreas selladas artificialmente, incluido el nivel de sellado del suelo por unidad de área.

El nivel de suelo sellado (grado de impermeabilidad 1-100%) se produce mediante una clasificación semiautomática, basada en NDVI calibrado. Teniendo en cuenta estos datos, en la parcela de estudio, el análisis de la superficie terrestre y su grado de impermeabilidad es el siguiente:

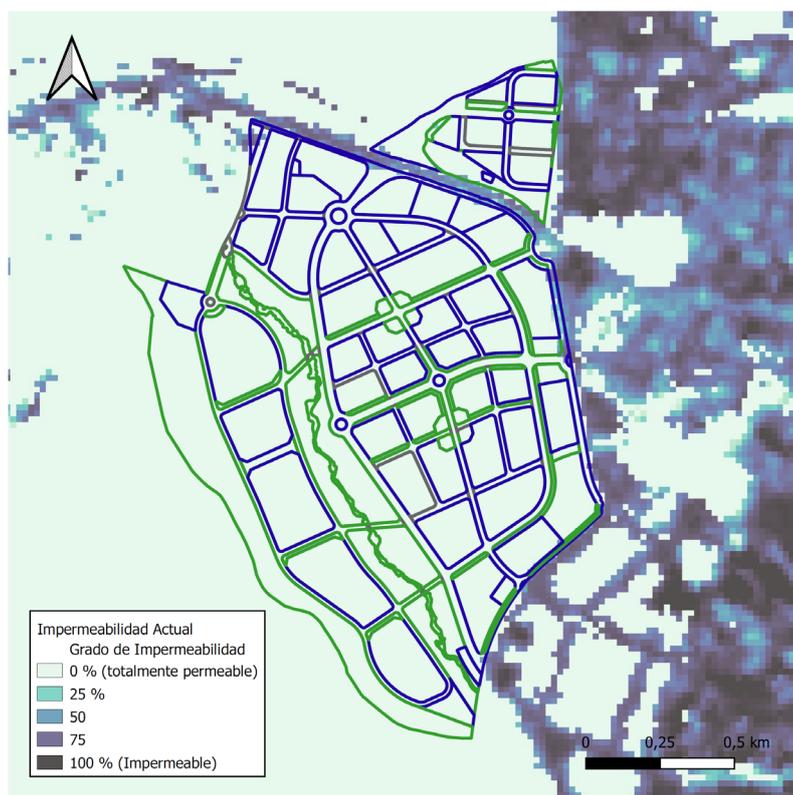


Figura 8. Impermeabilidad o superficie de suelo sellada en el ámbito de estudio. Programa Europeo Copernicus de Observación de la Tierra



IMPERMEABILIDAD DE LA SUPERFICIE ACTUAL			
Variable	Permeabilidad	m2	Porcentaje de cada superficie en el ámbito de estudio
Permeabilidad	0 % (totalmente permeable)	1.139.397	99,64 %
	0 – 50 % (media)	0	0 %
	50 % - 80 % (bastante)	0	0 %
	80 – 100 % (mucho o total)	7.763	0,36 %

Tabla 23. Distribución de la impermeabilidad de las superficies en el ámbito de estudio en la actualidad.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Programa Europeo Copernicus de Observación de la Tierra.

Como se observa en la tabla y en el mapa, casi el 100 % de la superficie que ocupa la parcela presenta valores que cercanas al 100 %, lo que significa que se trata de superficies totalmente permeables, como cabría esperar conforme a los usos actuales, mayoritariamente prados y arbustos en suelos sin urbanizar.

Una vez realizado el análisis para la situación actual, se procede a valorar el factor de impermeabilidad aplicándolo al planeamiento propuesto en el *Plan Parcial* con el objeto de valorar el efecto de la ICU en la situación futura respecto a la situación actual.

➔ Situación futura (planeamiento operativo)

El *Plan Parcial* contempla la edificación sobre una **superficie de suelo del sector de 2.147.160 m²s**, siendo la **superficie de parcela ocupada o superficie lucrativa edificada de 918.882 m²s** que, siendo un uso residencial, comercial y terciario, se asume que tendrá una impermeabilidad total. La superficie relativa a las **zonas verdes asciende a 418.316 m²s**, que se asocia a una permeabilidad del 100 %. Para la **red viaria**, la permeabilidad sería en torno al 75 %, mientras que, para los **equipamientos y otros servicios urbanos**, se ha optado por asumir una impermeabilidad media, puesto que algunos de estos equipamientos podrían ser parques infantiles u otros servicios que impliquen la edificación o pavimentación del suelo.



En el mapa y tabla contiguos se recogen estos datos en términos absolutos y relativos respecto a la superficie total del ámbito, y se asimila cada uno de estos usos a una permeabilidad determinada en función de las características:

IMPERMEABILIDAD SEGÚN USOS DE SUELO DEL PLAN PARCIAL			
Superficie (m²s)		Porcentaje de cada superficie (%)	Superficie sellada
Superficie construida (residencial, terciario, etc.)	918.882	42,8%	100 % (totalmente impermeable)
Superficie de zonas verdes	418.316	19,5 %	0 % (permeabilidad total)
Viario	573.670	26,7 %	75 % (bastante impermeable)
Otros espacios (equipamientos y otros servicios urbanos)	236.292	11,0 %	50 % (impermeabilidad media)
Superficie total del ámbito	2.147.160		

Tabla 24. Distribución de la impermeabilidad de las superficies en el ámbito de estudio en el escenario futuro contemplando los nuevos usos. Elaboración propia.

➔ Análisis comparativo entre la situación actual y la futura (operativa)

A continuación, se compara la permeabilidad de las superficies entre la situación actual, debida a los usos actuales en el ámbito de estudio y la situación futura propuesta por el Plan Parcial.

Esta variable es la que determina el efecto ICU y se analiza en el presente estudio, al ser la única variable que se modifica como consecuencia del Planeamiento. Aunque el factor climático también va a cambiar, puesto que se espera un incremento de las temperaturas medias y extremas, este factor no se analiza puesto que, tanto con los usos actuales como con los usos propuestos, cambiará en los mismos términos, no siendo una variable que se modifique como consecuencia del cambio de uso.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA IMPERMEABILIDAD			
Clasificación de la superficie	Porcentaje de cada superficie en la parcela de estudio		
	Situación actual	Situación futura (planeamiento)	DIFERENCIA
0 % (totalmente permeable)	99,64 %	19,5 %	-80,14
50 % (media)	0 %	11 %	+11
75 % (bastante)	0 %	26,7 %	+26,7
100 % (totalmente impermeable)	0,36 %	42,8 %	+42,44

Tabla 25. Comparación de la impermeabilidad entre la situación actual y futura (usos del suelo propuestos por el planeamiento). Elaboración propia.



El impacto general, según la tabla anterior, sobre el efecto ICU, es de **signo negativo** y de **magnitud elevada**, al aumentar las superficies totalmente impermeables en 42,4 puntos y reducirse las superficies permeables en algo más de 80 puntos.

➔ **Recomendaciones respecto a las superficies y su impermeabilidad**

Se recomienda que los Proyectos de urbanización cumplan con las siguientes recomendaciones:

- En todas las actuaciones de urbanización, incluidos los proyectos de urbanización de planeamiento, los proyectos de obra de urbanización de espacios libres públicos y los proyectos de edificación que incluyan el tratamiento de espacios libres de parcela, deberán utilizarse superficies permeables, minimizándose la cuantía de pavimentación u ocupación impermeable a aquellas superficies en las que sea estrictamente necesario. Esta medida sería de aplicación en todos los espacios libres y zonas verdes.
- Tienen la consideración de superficies permeables, entre otros, los pavimentos porosos como gravas, arenas y materiales cerámicos porosos. La instalación de losetas, empedrados o adoquines ejecutados con juntas de material permeable tendrán también dicha consideración.
- Para las zonas ajardinadas se favorecerá la permeabilidad mediante la utilización de acolchados u otras tecnologías con el mismo fin. Todo ello con objeto de favorecer la infiltración y evitar en lo posible la compactación del suelo.
- Se recomiendan los siguientes mínimos:
 - a) en las aceras de ancho superior a 1,5 m: 20 % como mínimo de superficie permeable.
 - b) para bulevares y medianas: 50 % como mínimo de superficie permeable.
 - c) para las plazas y zonas verdes urbanas: 35 % como mínimo de superficie permeable.
- Los proyectos de urbanización deberán indicar el porcentaje de acabados permeables de la red de espacios libres del suelo a urbanizar.



6. Bibliografía

Agenda Urbana Española 2019. Ministerio de Fomento.

ARAGÓN-CORREA, JUAN ALBERTO, HURTADO-TORRES, NURIA ESTHER. “Estado del arte en el ámbito de la adaptación al cambio climático en la industria de la construcción de edificios residenciales. Metodología de análisis coste-beneficio”, Universidad de Granada, Fundación Biodiversidad, MITECO, enero 2018.

AAVV, 2020. “Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030”. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid.

CONSORCIO DE COMPENSACIÓN DE SEGUROS. “Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones”. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Madrid, 2017

CRESPO GARCÍA, JIMÉNEZ ARROYO “Metodología de análisis de adaptación al cambio climático de infraestructuras de transporte”. Área de Cambio Climático y Contaminación Atmosférica del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA), del CEDEX.

CUBILLO GONZÁLEZ, MORENO RUEDA, ORTEGA LES. “Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid”. Canal de Isabel II, Madrid, 2008

ECOFYS, POLITECNICO DI MILANO, EFFICIENCY RESEARCH GROUP, UNIVERSITY OF WUPPERTAL. “Towards nearly zero-energy buildings — Definition on common principles under the EPBD”. February 2013. Realizado para la D.G. Energía de la Comisión Europea.

FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE MUNICIPIOS Y PROVINCIAS (FEMP), Madrid, 2015. “Medidas para la mitigación y la adaptación al cambio climático en el planeamiento urbano. Guía metodológica”.

FENERCOM. D.G. INDUSTRIA, ENERGÍA Y MINAS DE LA C. DE MADRID. “Guía de Auditorias Energéticas en Centros Logísticos”, Madrid, 2012.

FERNÁNDEZ GARCÍA, FERNANDO ALLENDE ÁLVAREZ, JORGE ALCAIDE MUÑOZ. “Estudio de Detalle del Clima Urbano de Madrid”. Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, 2016

GARCÍA SÁNCHEZ, FRANCISCO J. “Planeamiento urbanístico y cambio climático: la infraestructura verde como estrategia de adaptación”, Cuaderno de Investigación Urbanística nº 122 – enero / febrero 2019. Universidad Politécnica de Madrid.

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA (IETcc-CSIC); ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y COOPERACIÓN INDUSTRIAL DE ANDALUCÍA (AICIA). “Calificación de la eficiencia energética de los edificios”. Versión 1.1 / noviembre 2015.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y EL AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). “Calificación de la eficiencia energética de los edificios”, Madrid, noviembre de 2015.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y EL AHORRO DE ENERGÍA (IDAE). “Proyecto SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe Final”. IDAE. Secretaría General Departamento de Planificación y Estudios. Madrid, 2011.

IPCC, 2019: IPCC “Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate” [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].



LEONIDAS NTZIACHRISTOS, ZISSIS SAMARAS. EEA Report No 13/2019. Part B: sectoral guidance chapters: 1.A.3.b.i-iv Road transport 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021.

CEDEX, Área de Cambio Climático y Contaminación Atmosférica del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA). “Metodología de análisis de adaptación al cambio climático de infraestructuras de transporte”. Madrid.

MINISTERIO DE FOMENTO. “Código Técnico de la Edificación: Documento Básico HE: Ahorro de energía”. Diciembre 2019

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. “Plan Estratégico de Salud y Medioambiente 2022 – 2026”, Madrid, 2021.

“Proyecciones regionalizadas de cambio climático para España” en el marco de la iniciativa Escenarios PNACC 2017. Disponible en: <https://escenarios.adaptecca.es/>

RODRÍGUEZ (AEMET) y GUTIÉRREZ (CSIC-UC). “Escenarios-PNACC 2017: Nueva colección de escenarios de cambio climático regionalizados del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)”. Madrid, 2018.

SANZ, M.J. Y GALÁN, E. (editoras), 2020. “Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España”. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid.

WORLD RESOURCES INSTITUTE, GRUPO DE LIDERAZGO DE CIUDADES CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO C40, ICLEI - GOBIERNOS LOCALES POR LA SUSTENTABILIDAD. “Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria. Estándar de contabilidad y de reporte para las ciudades”, Estados Unidos, 2014.

En Alcobendas, mayo de 2024.

ARNAIZ Arquitectos, S.L.P.

D. Leopoldo Arnaiz Eguren
Arnaiz Arquitectos S.L.P.
Colegiado COAM nº3.208

D. Luis Arnaiz Rebollo
Arnaiz Arquitectos S.L.P.
Colegiado COAM nº18.940

D. Gustavo Romo García
Arnaiz Arquitectos S.L.P.
Colegiado COAM nº24.468