



[PROYECTO DE ALCANCE REGIONAL INDRA TECHNOLOGY HUB]

Plan de Reducción / Mitigación de la Huella de Carbono

[índice]

1.	OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO	2
2.	METODOLOGÍA Y REFERENCIAS UTILIZADAS	2
3.	CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL DESARROLLO URBANÍSTICO.....	3
3.1	Huella de carbono del proceso de construcción	3
3.1.1.1	Alcance 1: Emisiones directas de GEI.....	4
3.1.1.2	Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI.....	5
3.1.1.3	Alcance 3: Otras emisiones indirectas.....	6
3.2	Huella de carbono en la fase de explotación	8
3.2.1.1	Alcance 2. Emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico.....	8
3.2.1.2	Alcance 3. Emisiones indirectas asociadas a la movilidad	8
3.3	Principales focos emisores del desarrollo	10
3.4	Identificación de sectores prioritarios de reducción.....	11
4.	OBJETIVOS DE REDUCCIÓN Y MITIGACIÓN	11
4.1	Objetivos generales	11
4.2	Horizonte temporal.....	12
4.3	Indicadores de reducción	13
4.4	Objetivos temporales de reducción	14
5.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REDUCCIÓN DE EMISIONES.....	14
6.	SEGUMIENTO Y REVISIÓN DEL PLAN.....	15
6.1	Indicadores de seguimiento.....	15
6.2	Periodicidad	16
6.3	Actualización huella de carbono	16
6.4	Medidas complementarias	16

1. OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente documento constituye el **Plan de Reducción/Mitigación de la Huella de Carbono** asociado al Proyecto de Alcance Regional, redactado en el marco del Estudio Ambiental Estratégico y en cumplimiento de las determinaciones establecidas en el Documento de Alcance emitido por el órgano ambiental competente.

El objeto del presente Plan es identificar, cuantificar y evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al desarrollo previsto, así como definir las medidas destinadas a prevenir, reducir y mitigar dichas emisiones durante las distintas fases de ejecución y funcionamiento del ámbito, favoreciendo un modelo de desarrollo progresivamente descarbonizado y compatible con los objetivos de transición energética y neutralidad climática.

El Plan incorpora el cálculo estimado de la huella de carbono asociada tanto a la fase de construcción y urbanización como a la fase de explotación del desarrollo, considerando las principales fuentes emisoras derivadas del consumo energético, utilización de materiales, movilidad generada y atraída, transporte asociado y funcionamiento de edificios e instalaciones.

Asimismo, el documento identifica los principales focos emisores y sectores prioritarios de actuación, estableciendo objetivos de reducción, medidas de mitigación, criterios de seguimiento y mecanismos de revisión orientados a disminuir progresivamente la intensidad de emisiones del ámbito a lo largo de su vida útil.

El presente Plan se redacta en coherencia con los objetivos establecidos en la Ley 7/2021, de cambio climático y transición energética, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2023-2030 y la Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid 2023-2030, contribuyendo a la integración de criterios de mitigación y adaptación climática en el desarrollo urbanístico previsto.

2. METODOLOGÍA Y REFERENCIAS UTILIZADAS

La estimación de la huella de carbono asociada al desarrollo previsto se ha realizado mediante una metodología de cálculo basada en la identificación de las principales fuentes emisoras de gases de efecto invernadero derivadas de las **fases de construcción, urbanización y funcionamiento del ámbito, aplicando factores de emisión y criterios metodológicos reconocidos a escala nacional e internacional.**

El cálculo se ha estructurado conforme a la clasificación habitual de emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero, diferenciando emisiones de alcance 1, alcance 2 y determinadas emisiones indirectas de alcance 3, de acuerdo con los principios metodológicos utilizados en las guías técnicas de referencia para la cuantificación de huella de carbono.

Para la estimación de emisiones asociadas a combustibles, consumos energéticos, movilidad, transporte y funcionamiento de instalaciones se han empleado factores de emisión oficiales

publicados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, así como información procedente de comercializadoras eléctricas y documentación técnica sectorial.

En relación con la huella de carbono de materiales de construcción, se ha utilizado una metodología basada en el análisis de ciclo de vida de productos (Life Cycle Assessment – LCA), mediante el enfoque de peso y la aplicación de factores unitarios de emisión obtenidos a partir de bases de datos ambientales reconocidas, entre ellas Ecoinvent.

Asimismo, para la definición de criterios de mitigación, reducción y seguimiento se han considerado, entre otras, las siguientes referencias normativas y técnicas:

- Ley 7/2021, de cambio climático y transición energética.
- Ley 21/2013, de evaluación ambiental.
- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2023-2030.
- Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid 2023-2030.
- “Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización” del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Factores de emisión oficiales publicados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Bases de datos ambientales Ecoinvent para el análisis de ciclo de vida de materiales.

La metodología adoptada presenta carácter estimativo y estratégico, acorde con la escala y nivel de definición propios del presente instrumento de planeamiento, permitiendo identificar órdenes de magnitud, principales focos emisores y potenciales ámbitos prioritarios de reducción y mitigación de emisiones.

3. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL DESARROLLO URBANÍSTICO

3.1 HUELLA DE CARBONO DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

La “Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización” elaborada por el Ministerio para la Transición Ecológica, permite estimar las emisiones asociadas a las operaciones de una organización, o un proceso, en nuestro caso, la urbanización de un sector tecnológico.

Al referirnos a la Huella de Carbono de una organización o de un proceso y a las fuentes emisoras que se analizan en su cálculo, se utiliza el término “Alcance”; sirve para clasificar las emisiones de gases de efecto invernadero atendiendo a su origen y a la relación existente entre la actividad analizada y la fuente emisora. Esta clasificación permite diferenciar entre emisiones directas generadas por fuentes propias o controladas y emisiones indirectas derivadas del consumo energético o de actividades asociadas al funcionamiento del proyecto.

De forma general, se distinguen:

- **Alcance 1:** emisiones directas generadas por fuentes propiedad de o controladas por la organización o actividad.
- **Alcance 2:** emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad, calor o energía adquirida.
- **Alcance 3:** otras emisiones indirectas derivadas de actividades no controladas directamente, como transporte, movilidad, cadena de suministro o utilización de materiales.

3.1.1.1 Alcance 1: Emisiones directas de GEI.

Son las emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad de o están controladas por la entidad en cuestión. También incluye las emisiones fugitivas (p.ej. fugas de aire acondicionado, fugas de CH₄ de conductos, etc.).

En el caso de la construcción de la urbanización y de las conexiones exteriores el consumo de combustibles fósiles se deberá al consumo de gasoil asociado al uso de maquinaria de obra.

Dato de actividad. Este dato son los litros de combustible (gasoil) que se utilice en la maquinaria de obra.

La maquinaria que se utilizará en las obras del PU, así como su consumo medio, se adjunta en la siguiente tabla.

MAQUINARIA	CONSUMO MEDIO COMBUSTIBLE DIESEL l/h
Compres.portátil diesel 10 m ³ /min. 12 bar	5
Martillo manual perforador neumát.28 kg	1,2
Retro-pala con martillo rompedor	10
Rodillo v vibrante manual tandem 800 kg.	2
Pala cargadora neumáticos 85 CV/1,2m ³	10
Retrocargadora neumáticos 50 CV	7
Ex cav. hidráulica neumáticos 100 CV	10
Maq. colocación bordillos	7
Pisón compactador 70 kg	1
Ex cav. hidráulica neumáticos 144 CV	14
Rodillo v vibrante autopropuls.mix to 11 t	12

Vibrador de aguja eléctrico	2
Camión con grúa 6 t.	12
Pala cargadora cadenas 130 CV/1,8m3	14
Retrocargadora neumáticos 75 cv	9
Motoniv eladora de 135 CV	14
Camión con grúa 12 t.	15

Factores de emisión. Los factores de emisión del gasoil tipo B, según se recoge el Ministerio para la Transición Ecológica para el año 2023 es de 1,940kg de CO2 por litro de gasoil tipo B (30)

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DIRECTAS (ALCANCE 1)		
Litros de gasoil	(Kg Co2/l)	TOTAL (Kg CO2)
2.300.000	1,940	4.462.000

3.1.1.2 Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI

Son las asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización o el proceso.

En el caso que nos ocupa consideraremos que los consumos eléctricos son los asociados a las casetas de obra, grupos electrógenos, pequeñas herramientas ...

Dato de actividad. kWh.

Como la obra es una actividad que se realizará en un futuro, los kWh se han estimado en función de un análisis bibliográfico realizado en actuaciones similares a la analizada. Se estima un consumo de 15.000 kWh/mes. La duración de la obra es de 24 meses para la urbanización interior y 18 meses para la ejecución de las conexiones exteriores.

Factores de emisión. El factor de emisión atribuible a la Comercializadora IBERDROLA CLIENTES SAU para el año 2023 es de 0,241 KgCO2e/kWh según la información proporcionada por el Ministerio para la Transición Ecológica.

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DIRECTAS (ALCANCE 2)		
KWh	Factor MIX (Kg Co2/kWh)	TOTAL (Kg CO2)
360.000 (urbanización interior)	0,241	86.760
270.000 (conexiones exteriores)	0,241	65.070

3.1.1.3 Alcance 3: Otras emisiones indirectas.

Las emisiones GEI del alcance 3 son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en procesos que no son propiedad ni están controladas por ella; es decir, están ubicadas fuera de los límites de la organización; son los procesos de aguas arriba y aguas abajo del proceso principal

El alcance 3 es un apartado opcional del informe de la HCO, que permite incluir el resto de las emisiones indirectas

En este alcance, cada organización decide el tipo de emisiones que quiere incluir, siempre respetando los principios que deben guiar el cálculo de la HCO.

En nuestro caso hemos incluido el transporte y distribución aguas arriba¹ y los desplazamientos de los trabajadores durante las obras y los procesos de producción de los materiales necesarios para la construcción.

Transporte aguas arriba

En el caso del transporte aguas arriba, se ha considerado un 1,5% de la huella de los materiales, ya que no se dispone de la información precisa para la obtención de este valor, analizando estudios similares vemos que nos encontramos en ese entorno. Por lo tanto, y atendiendo a esta premisa los Kg CO₂ eq derivados del transporte aguas arriba ascienden a 333.546. (ver “Huella de carbono de los materiales”)

En el caso del desplazamiento de los trabajadores, los datos utilizados han sido:

- Número de trabajadores estimados:
 - Urbanización interior: 45
 - Conexiones exteriores: 20
- Dias trabajados: 22
- Distancia media recorrida: 25 km
- Modo de desplazamiento: furgoneta gasoil (8 litros/100 km)

Atendiendo a esta premisa los Kg CO₂ eq derivados del transporte de los trabajadores ascienden a 73.751,04 para la estimación realizada para las obras de urbanización interior y 24.583,68 para la estimación realizada para las obras de conexiones exteriores.

¹ el término “aguas arriba” hace referencia a aquellas actividades, procesos o emisiones que se producen con anterioridad al desarrollo de la actividad principal analizada, y que están asociadas a la extracción de materias primas, fabricación de materiales, producción de energía, transporte, distribución o suministro de bienes y servicios necesarios para el proyecto. En consecuencia, las emisiones “aguas arriba” corresponden a emisiones indirectas generadas fuera de los límites físicos del ámbito o de la actividad principal, pero vinculadas a su cadena de suministro y aprovisionamiento.

Huella de carbono de los materiales

Para la estimación de la Huella de Carbono de los materiales empleados en la urbanización se ha aplicado la metodología que utiliza el enfoque del peso (Evaluación del Ciclo de Vida de los productos (Life Cycle Assessment, LCA)

Esta metodología LCA se emplea para cuantificar los impactos ambientales que se generan durante todas las fases del proceso de producción de un producto determinado, tanto a través de las técnicas de producción aplicadas como del consumo de productos intermedios, analizando sus impactos, entre otros, sobre el cambio climático y la emisión de contaminantes.

Una vez identificadas las cantidades físicas de cada tipología de materiales que se van a utilizar en la urbanización se ha obtenido la HC unitaria de cada uno de ellos según la base de datos de Ecoinvent.

La base de datos presenta para algunos materiales varias estimaciones alternativas del GWP en función de las características específicas de cada uno de ellos.

Se ha optado por utilizar los valores medios para aquellos materiales de los que se disponía de varias estimaciones, e incluyéndose los valores máximos y mínimos para establecer un cierto nivel de sensibilidad en la estimación.

Aplicando los índices unitarios de cada material a las cantidades totales que se prevé utilizar en la urbanización se han obtenido, finalmente, las estimaciones de la Huella de Carbono de los materiales mediante el enfoque de peso y que se recogen en la tabla que se adjunta a continuación.

KG CO2			
MATERIAL	mínimo	media	máximo
Cemento	15.355.437,24	15.355.437,24	15.355.437,24
Arena/Grava	3.520.275,80	3.520.275,80	3.520.275,80
H. Pref	1.131.149,75	1.131.149,75	1.131.149,75
Fundición dúctil	1.096.922,75	1.175.274,38	1.253.626,00
Asfalto	556.120,27	556.120,27	556.120,27
Acero	335.244,47	335.244,47	335.244,47
Polietileno	106.033,87	106.033,87	106.033,87
Aluminio	16.124,26	56.896,32	103.753,44
TOTAL	22.117.308	22.236.432	22.361.641

El volumen total de emisiones generadas por los materiales de construcción ascendería, utilizando los valores medios, a unas 22.236 toneladas equivalentes de CO₂, con un valor mínimo de 22.117 Tn, y un máximo de 22.361 Tn.

La siguiente tabla muestra la estimación total de las emisiones generadas.

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES GENERADAS DURANTE EL PROCESO DE URBANIZACIÓN INTERIOR Y CONEXIONES EXTERIORES	TOTAL Toneladas de CO2 eq
ALCANCE 1: Emisiones directas Consumo de combustibles fósiles por la maquinaria de construcción	4.462
ALCANCE 2: Emisiones indirectas Consumos eléctricos	152
ALCANCE 3: Otras emisiones indirectas Transporte y distribución aguas arriba	334
Desplazamientos de los trabajadores de las obras	98
Huella de Carbono de los materiales	22.236
HUELLA DE CARBONO TOTAL	27.282

3.2 HUELLA DE CARBONO EN LA FASE DE EXPLOTACIÓN

Las instalaciones previstas en fase de funcionamiento se basarán fundamentalmente en consumos eléctricos, no contemplándose sistemas centralizados de generación térmica mediante combustibles fósiles. El consumo eléctrico genera emisiones indirectas asociadas a la producción de electricidad en el sistema eléctrico nacional, consideradas como emisiones de alcance 2.

Adicionalmente se ha considerado considera la huella de carbono asociada a la movilidad.

3.2.1.1 Alcance 2. Emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico

Según el informe de Instalaciones elaborado en esta fase de desarrollo del PAR, se prevé un consumo total de 49 GWh/año.

La generación de energía procedente de las instalaciones fotovoltaicas que se instalarán en el PAR se estima en un 30%. Por lo tanto, el consumo de energía eléctrica externa será de aproximadamente 34,3 GWh/año.

El factor de emisión atribuible a la comercializadora IBERDROLA CLIENTES, S.A.U. para el año 2023, según los factores de emisión publicados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, es de 0,241 kg CO₂eq/kWh.

$$34.300.000 \text{ kWh/año} \times 0,241 \text{ kg CO}_2\text{eq/kWh} = 8.266.300 \text{ kg CO}_2\text{eq/año} \text{ (8.266,3 t CO}_2\text{eq/año)}$$

3.2.1.2 Alcance 3. Emisiones indirectas asociadas a la movilidad

En el estudio sectorial E14” Estudio de Emisión de contaminantes a la atmósfera y contribución al cambio climático” en sus apartados 10” Emisiones situación preoperacional” y 11 “Emisiones situación postoperacional” se han calculado las emisiones debidas al tráfico rodado. A continuación, se adjuntan los resultados de las emisiones de CO2 eq.

Estimación Emisiones CO2 eq/año situación preoperacional

SITUACIÓN PREOPERACIONAL				
GEI	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (CO2 EQUIVALENTE)	EMISIONES toneladas/año CO ₂ eq/año (TRÁFICO)	EMISIONES toneladas/año CO ₂ eq/año (EMISIONES CONSUMO GAS)	TOTAL toneladas CO ₂ eq/año
Dióxido de Carbono (Co2)	1	142.029,15	0,00	142.029,15
Metano (CH4)	27,90	934,88	0,00	934,88
Óxido nitroso (N2O)	273	2.106,95	0,00	2.106,95

Estimación Emisiones CO2 eq/año situación postoperacional

SITUACIÓN POSTOPERACIONAL				
GEI	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (CO2 EQUIVALENTE)	EMISIONES toneladas/año CO ₂ eq/año (TRÁFICO)	EMISIONES toneladas/año CO ₂ eq/año (EMISIONES CONSUMO GAS)	TOTAL toneladas CO ₂ eq/año
Dióxido de Carbono (Co2)	1	155.008,13	0,00	155.008,13
Metano (CH4)	27,90	1.020,31	0,00	1.020,31
Óxido nitroso (N2O)	273	2.299,49	0,00	2.299,49

Fuente: Elaboración propia. Factores de conversión potencial calentamiento obtenidos del Material Suplementario del Capítulo 7 del Sexto Informe de Evaluación de IPCC

Por lo tanto, la actuación propuesta provocará un incremento local de 13.256,95 toneladas CO2 eq/año

Debe señalarse que, de los aproximadamente 12.500 trabajadores previstos en el campus, solo unos 3.000 corresponden a nuevos empleos generados por el desarrollo. Los restantes 9.500 son trabajadores que se trasladarán desde otras ubicaciones donde ya desarrollaban su actividad y, por tanto, ya generaban desplazamientos y emisiones asociadas. **En consecuencia, el incremento de emisiones de movilidad por la implantación del campus será de 3.182 toneladas CO2 eq/año** (equivalente al 24% de las emisiones locales totales, al corresponder este valor al porcentaje de los nuevos puestos de trabajo generados el campus).

Estimación total de emisiones en fase de explotación

La siguiente tabla muestra la estimación total de las emisiones generadas.

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES GENERADA FASE DE EXPLOTACIÓN	TOTAL Toneladas de CO2 eq/año
ALCANCE 2: Emisiones indirectas Consumos eléctricos	8.266
ALCANCE 3: Otras emisiones indirectas Movilidad	3.182
HUELLA DE CARBONO TOTAL	11.448

3.3 PRINCIPALES FOCOS EMISORES DEL DESARROLLO

A partir del cálculo de la huella de carbono realizado para las distintas fases del desarrollo previsto, se identifican los principales focos emisores de gases de efecto invernadero asociados al Proyecto de Alcance Regional.

Durante la fase de construcción y urbanización, el principal foco emisor corresponde a la fabricación, suministro y transporte de materiales de construcción, especialmente cemento, hormigón, áridos, mezclas bituminosas y productos metálicos, debido a la elevada intensidad energética asociada a sus procesos de producción y distribución. Del mismo modo, destacan las emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles por la maquinaria de obra y vehículos auxiliares empleados durante los movimientos de tierras, ejecución de infraestructuras y trabajos de urbanización.

Asimismo, se consideran relevantes las emisiones indirectas asociadas al transporte y distribución de materiales y al desplazamiento de trabajadores vinculados a la ejecución de las obras.

En fase de funcionamiento, el principal foco emisor previsto corresponde a la movilidad generada y atraída por el desarrollo, derivada de los desplazamientos diarios de trabajadores, visitantes, servicios auxiliares y actividades logísticas asociadas al ámbito.

En segundo término, destacan las emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico de edificios e instalaciones, incluyendo climatización, iluminación, equipamientos tecnológicos, sistemas de comunicación, instalaciones auxiliares y demás consumos energéticos necesarios para el funcionamiento ordinario del complejo.

No obstante, el carácter predominantemente electrificado de las instalaciones previstas, junto con la incorporación de medidas de eficiencia energética, autoconsumo renovable y movilidad sostenible, permitirá reducir significativamente la intensidad de emisiones operacionales del desarrollo. Asimismo, la progresiva descarbonización del mix eléctrico nacional contribuirá previsiblemente a disminuir de forma gradual la huella de carbono asociada al consumo energético durante la vida útil del ámbito.

La identificación de estos focos emisores permite establecer prioridades de actuación y definir las medidas de reducción y mitigación incorporadas en el presente Plan.

3.4 IDENTIFICACIÓN DE SECTORES PRIORITARIOS DE REDUCCIÓN

A partir del análisis de la huella de carbono del desarrollo previsto y de la identificación de los principales focos emisores de gases de efecto invernadero, **se determinan aquellos sectores sobre los que resulta prioritario actuar mediante la aplicación de medidas de reducción y mitigación, al concentrar una mayor contribución potencial a las emisiones totales del proyecto.**

Durante la fase de construcción, el sector prioritario de reducción corresponde al empleo de materiales de construcción con elevada huella de carbono incorporada, especialmente cemento, hormigón, mezclas bituminosas y productos metálicos. **En consecuencia, se priorizarán medidas orientadas a la optimización utilización de materiales reciclados o de menor intensidad de carbono y mejora de la eficiencia logística y de transporte asociada a la obra.**

Asimismo, se considera prioritario actuar sobre las emisiones derivadas de la maquinaria de construcción y vehículos auxiliares, fomentando el empleo de maquinaria moderna y eficiente, la optimización de recorridos y tiempos de funcionamiento, así como la adecuada planificación de los trabajos para minimizar consumos innecesarios de combustible.

En fase de funcionamiento, el principal sector prioritario de reducción es el asociado a la movilidad generada y atraída por el desarrollo, dado el volumen previsto de desplazamientos vinculados a trabajadores, visitantes y actividades auxiliares. **A tal efecto, se consideran prioritarias las medidas dirigidas al fomento del transporte público, movilidad peatonal y ciclista, electrificación de vehículos, implantación de infraestructuras de recarga y racionalización de la movilidad interna.**

Igualmente, se identifica como sector prioritario el consumo energético asociado al funcionamiento de edificios e instalaciones, especialmente en relación con climatización, iluminación, equipamiento tecnológico y sistemas auxiliares. **Las medidas de mitigación se orientarán a la reducción de la demanda energética, mejora de la eficiencia de las instalaciones, integración de energías renovables y sistemas inteligentes de gestión y monitorización de consumos.**

4. OBJETIVOS DE REDUCCIÓN Y MITIGACIÓN

4.1 OBJETIVOS GENERALES

Con el fin de alcanzar los objetivos generales de descarbonización y reducción de emisiones establecidos para el desarrollo previsto, el presente Plan define los siguientes objetivos específicos de reducción:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la movilidad cotidiana mediante el fomento del transporte público, la movilidad peatonal y ciclista, la racionalización

de desplazamientos y la implantación de infraestructuras de recarga para vehículos eléctricos.

- Minimizar las emisiones indirectas derivadas del consumo energético de edificios e instalaciones mediante soluciones constructivas de alta eficiencia energética, reducción de la demanda y sistemas inteligentes de gestión de consumos.
- Favorecer la implantación de sistemas de generación de energía renovable y autoconsumo, priorizando la integración de instalaciones solares fotovoltaicas y otras tecnologías de baja emisión de carbono compatibles con el desarrollo previsto.
- Reducir el consumo energético asociado al alumbrado exterior y a las instalaciones urbanas mediante sistemas de alta eficiencia, regulación automática y tecnologías de bajo consumo
- Reducir la huella de carbono asociada a los materiales de construcción y procesos de urbanización mediante criterios de optimización de recursos, reutilización de materiales, selección de soluciones constructivas de menor impacto climático y minimización de movimientos de tierras y transportes innecesarios.
- Disminuir las emisiones derivadas de la maquinaria y actividades de obra mediante una adecuada planificación de trabajos, utilización de maquinaria eficiente y optimización logística durante la fase de construcción.
- Impulsar medidas de ahorro y eficiencia hídrica que contribuyan indirectamente a la reducción del consumo energético asociado al ciclo integral del agua.
- Favorecer la reducción del efecto isla de calor y la mejora del comportamiento climático del ámbito mediante incremento de arbolado, soluciones de sombreado, pavimentos permeables y estrategias de infraestructura verde.
- Establecer mecanismos de seguimiento y revisión periódica que permitan evaluar la evolución de la huella de carbono y la eficacia de las medidas implantadas durante las distintas fases de desarrollo y funcionamiento del ámbito.
- Favorecer la adaptación progresiva del desarrollo a futuros escenarios de descarbonización y transición energética, promoviendo un modelo urbano resiliente, flexible y compatible con los objetivos climáticos establecidos a escala estatal y autonómica

4.2 HORIZONTE TEMPORAL

El horizonte temporal del presente Plan de Reducción / Mitigación de la Huella de Carbono se vincula al desarrollo progresivo del ámbito previsto en el Proyecto de Alcance Regional, abarcando tanto la fase de construcción y urbanización como la fase posterior de implantación y funcionamiento de las actividades y edificaciones previstas.

Las medidas contempladas en el Plan se plantean con una perspectiva temporal de medio y largo plazo, en coherencia con los objetivos de descarbonización establecidos en la Ley 7/2021, de cambio climático y transición energética, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2023-2030 y la Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid 2023-2030.

El presente Plan tiene carácter dinámico y podrá ser objeto de actualización en función de la evolución tecnológica, normativa y energética, así como de los resultados obtenidos mediante el Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental.

4.3 INDICADORES DE REDUCCIÓN

Con objeto de evaluar la eficacia de las medidas previstas en el presente Plan de Reducción / Mitigación de la Huella de Carbono, se establecen una serie de indicadores de seguimiento orientados a controlar la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero y el grado de implantación de las medidas de reducción previstas durante las distintas fases de desarrollo y funcionamiento del ámbito.

Los principales indicadores considerados son los siguientes:

Indicador	Unidad	Objetivo
Huella de carbono total del desarrollo	tCO ₂ eq/año	Seguimiento de la evolución global de emisiones
Emisiones asociadas a movilidad	tCO ₂ eq/año	Reducción progresiva de emisiones derivadas de desplazamientos
Emisiones asociadas al consumo energético	tCO ₂ eq/año	Disminución de la intensidad energética y climática
Consumo energético total de edificios	kWh/año	Reducción de demanda energética
Consumo energético específico	kWh/m ² ·año	Mejora de eficiencia energética
Energía eléctrica procedente de fuentes renovables	%	Incremento progresivo
Potencia instalada de autoconsumo fotovoltaico	kW	Incremento progresivo
Número de plazas con recarga eléctrica	nº	Fomento movilidad eléctrica
Reparto modal de movilidad sostenible	%	Incremento transporte sostenible
Superficie de infraestructura verde	m ²	Incremento capacidad adaptación climática
Número de árboles implantados	nº	Incremento capacidad sumidero y sombreado
Consumo de agua potable	m ³ /año	Reducción del consumo hídrico

Indicador	Unidad	Objetivo
Porcentaje de reutilización o aprovechamiento de aguas	%	Mejora eficiencia hídrica

Los indicadores anteriores podrán ser actualizados o complementados durante las fases posteriores de desarrollo del ámbito en función de la disponibilidad de información, evolución de las medidas implantadas y resultados obtenidos en el Programa de Vigilancia Ambiental.

El seguimiento de estos indicadores permitirá evaluar la evolución de la huella de carbono del desarrollo, verificar la eficacia de las medidas de mitigación adoptadas y, en su caso, proponer actuaciones complementarias orientadas a reforzar los objetivos de reducción y descarbonización previstos.

4.4 OBJETIVOS TEMPORALES DE REDUCCIÓN

Con carácter orientativo y atendiendo al horizonte temporal del desarrollo previsto, el presente Plan establece una estrategia progresiva de reducción de emisiones operacionales asociadas al ámbito, tomando como referencia un escenario tendencial sin aplicación de medidas de mitigación.

Horizonte	Objetivo reducción
Corto plazo (implantación inicial)	reducción progresiva intensidad energética
Medio plazo (5-10 años)	consolidación autoconsumo y movilidad eléctrica
Largo plazo	tendencia compatible neutralidad climática

5. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REDUCCIÓN DE EMISIONES

Las medidas previstas para prevenir, reducir y en la medida de lo posible compensar cualquier efecto negativo en relación con las emisiones generadas por el desarrollo urbanístico se incluyen en el apartado 15 “*Medidas previstas para prevenir, reducir y en la medida de lo posible compensar cualquier efecto negativo importante en el medio ambiente*” de la Memoria del Documento Ambiental Estratégico.

En particular, se han incorporado medidas orientadas a reducir la huella de carbono asociada a las fases de construcción y funcionamiento del desarrollo, mejorar la eficiencia energética, favorecer la movilidad sostenible y reforzar la adaptación climática del ámbito. Entre las principales medidas previstas destacan las siguientes:

- **Medidas sobre movilidad sostenible**, dirigidas a reducir las emisiones derivadas de los desplazamientos cotidianos mediante el fomento del transporte público, la movilidad peatonal y ciclista, la implantación de infraestructuras de recarga eléctrica y la reducción de la dependencia del vehículo privado.

- **Medidas de eficiencia energética en la edificación**, orientadas a minimizar la demanda energética de los edificios mediante criterios de diseño bioclimático, mejora del aislamiento térmico, incorporación de soluciones de control solar e implantación de sistemas de iluminación de alta eficiencia.
- **Implantación de energías renovables**, favoreciendo la integración de instalaciones solares fotovoltaicas, sistemas de autoconsumo y otras soluciones de generación energética de baja emisión de carbono compatibles con el desarrollo previsto.
- **Medidas sobre urbanización y espacio público**, destinadas a mejorar el comportamiento climático del ámbito mediante actuaciones de reducción del efecto isla de calor, incremento del arbolado y la infraestructura verde, implantación de pavimentos permeables y generación de espacios de sombra.
- **Medidas sobre gestión hídrica**, orientadas al ahorro y uso eficiente del agua, la reducción del consumo energético asociado al ciclo integral del agua y la incorporación de medidas de reutilización y aprovechamiento de recursos hídricos.
- **Medidas durante la fase de obras**, destinadas a minimizar las emisiones asociadas a la ejecución de la urbanización mediante el empleo de maquinaria eficiente, la reducción de consumos energéticos y emisiones difusas de polvo y la optimización de la logística y organización de los trabajos.

6. SEGUIMIENTO Y REVISIÓN DEL PLAN

Con objeto de garantizar la eficacia de las medidas de reducción y mitigación previstas, el presente Plan incorpora un sistema de seguimiento y revisión destinado a controlar la evolución de la huella de carbono del desarrollo y verificar el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos.

El seguimiento permitirá evaluar la evolución de las emisiones asociadas al ámbito, comprobar la efectividad de las medidas implantadas e identificar, en su caso, la necesidad de adoptar actuaciones complementarias o de actualización del Plan en función de la evolución tecnológica, normativa y operativa del desarrollo.

6.1 INDICADORES DE SEGUIMIENTO

El seguimiento del presente Plan se realizará mediante los indicadores definidos en el apartado 4.3 "Indicadores de reducción", verificando periódicamente la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero, el grado de implantación de las medidas previstas y la eficacia de las actuaciones de mitigación incorporadas al desarrollo.

Dichos indicadores permitirán evaluar la evolución de la huella de carbono del ámbito, detectar posibles desviaciones respecto a los objetivos establecidos y, en su caso, proponer medidas complementarias o correctoras orientadas a reforzar la reducción de emisiones y la adaptación progresiva del desarrollo a escenarios de baja intensidad de carbono.

6.2 PERIODICIDAD

El seguimiento de los indicadores y medidas previstas se realizará con periodicidad adecuada a la naturaleza de cada parámetro y a la fase de desarrollo del ámbito.

Durante la fase de construcción y urbanización, el control se efectuará mediante revisiones periódicas integradas en el Programa de Vigilancia Ambiental de las obras, verificando especialmente aspectos relacionados con consumos energéticos, funcionamiento de maquinaria, logística de obra y aplicación de medidas de eficiencia y reducción de emisiones.

En fase de funcionamiento, se prevé la realización de revisiones periódicas de carácter anual o plurianual, en función de la disponibilidad de datos de explotación y consumo, con objeto de evaluar la evolución de la huella de carbono operacional del desarrollo y la eficacia de las medidas implantadas.

La periodicidad concreta de cada control se definirá en fases posteriores atendiendo a criterios técnicos, operativos o regulatorios.

6.3 ACTUALIZACIÓN HUELLA DE CARBONO

La estimación de la huella de carbono podrá ser objeto de actualización durante las distintas fases de implantación y funcionamiento del desarrollo urbanístico, especialmente cuando se disponga de información más precisa sobre consumos reales, movilidad efectiva, implantación de energías renovables, evolución tecnológica o modificaciones relevantes del proyecto inicialmente previsto.

Asimismo, podrán revisarse los factores de emisión empleados en el cálculo, incorporando las actualizaciones metodológicas y energéticas publicadas por los organismos competentes, especialmente en relación con la evolución del mix eléctrico nacional y los criterios oficiales de cálculo de emisiones.

Las actualizaciones permitirán ajustar el análisis de emisiones a las condiciones reales de funcionamiento del ámbito y evaluar la evolución efectiva de los objetivos de reducción establecidos en el presente Plan.

6.4 MEDIDAS COMPLEMENTARIAS

En caso de detectarse desviaciones significativas respecto a los objetivos de reducción previstos o una eficacia insuficiente de las medidas implantadas, podrán incorporarse medidas complementarias orientadas a reforzar la reducción de emisiones y mejorar el comportamiento climático del desarrollo.

Asimismo, las medidas complementarias podrán adaptarse a la evolución normativa, tecnológica y energética futura, favoreciendo una mejora continua del comportamiento ambiental y climático del ámbito a lo largo de su vida útil.