Informe Técnico y Estratégico

Impacto de Jardines Verticales en la Salud Urbana y Sostenibilidad

Prueba piloto de GraCity en CIEC Madrid

Madrid, 28 de mayo de 2026

1. Introducción **2**

La naturaleza en la ciudad como eje de Sostenibilidad y Resiliencia 2

2. Contexto del proyecto **2**

Madrid, Vicálvaro y el CIEC 2

3. Metodología y datos analizados **4**

4. Resultados del análisis de KPIs y valoración económica **5**

4.1. Impacto en el microclima y calidad del aire 5

4.2. Impacto en la huella de carbono y gestión del agua 7

4.3. Valoración económica de los impactos 8

4.4. Valoración de impacto social y natural (PIB Social) 10

4.4.1. Valor natural de la biodiversidad del huerto 12

5. Alineación con la regulación internacional, nacional y local **14**

5.1. Marcos europeos y directivas (cumplimiento local) 15

5.2. Marco estatal de clima y sostenibilidad 16

5.3. Normativa estatal de salud pública y medio ambiente 16

5.4. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 16

6. Conclusiones **17**

7. Referencias **18**

1. Introducción

La naturaleza en la ciudad como eje de Sostenibilidad y Resiliencia

La creciente urbanización y los desafíos del Cambio Climático han posicionado a las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) como elementos cruciales para la resiliencia y sostenibilidad de las ciudades. La integración de la naturaleza a nivel urbano no es solo una cuestión estética, sino una estrategia fundamental para abordar múltiples retos ambientales y sociales. Iniciativas globales como *Net Zero Cities* buscan transformar las áreas urbanas en espacios climáticamente neutros para 2030, y en este contexto, la infraestructura verde juega un papel vital en la mitigación y adaptación al Cambio Climático.

La biodiversidad global se enfrenta a una crisis sin precedentes, y las ciudades, a menudo percibidas como desiertos biológicos, tienen un potencial inmenso para convertirse en refugios y corredores de biodiversidad. Los jardines verticales, cubiertas verdes y huertos urbanos actúan como micro-hábitats que conectan ecosistemas fragmentados, permitiendo el movimiento de especies y el florecimiento de la vida silvestre en entornos urbanos densos. Estos elementos no solo enriquecen el patrimonio natural, sino que también mejoran la calidad de vida de los ciudadanos, ofreciendo beneficios directos en la salud, el bienestar y la cohesión social.

Este informe técnico presenta los resultados del proyecto de huerto vertical del Centro de Innovación en Economía Circular (CIEC) del Ayuntamiento de Madrid, analizando su impacto en la mejora de la calidad del aire, control de temperaturas extremas, reducción del consumo energético y aumento de la salud de los ciudadanos. Se busca alinear estos resultados con las regulaciones internacionales y nacionales clave, incluyendo ISO 14092 para la Adaptación Climática de Municipios, el marco de la *Taskforce on Nature-related Financial Disclosures* (TNFD) y la *Corporate Sustainability Reporting Directive* (CSRD) con sus *European Sustainability Reporting Standards* (ESRS), así como el marco legal español y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

2. Contexto del proyecto

Madrid, Vicálvaro y el CIEC

El proyecto se enmarca en el Centro de Innovación en Economía Circular (CIEC) del Ayuntamiento de Madrid, ubicado en el distrito de Vicálvaro (Figura 1). La ciudad de Madrid, como gran metrópoli mediterránea, enfrenta desafíos significativos en términos de calidad del aire, efecto isla de calor y pérdida de biodiversidad. Vicálvaro, con su densidad urbana, se beneficia especialmente de la implementación de infraestructuras verdes que mejoren su entorno y la calidad de vida de sus habitantes.

La instalación de este jardín vertical como huerto ha sido realizada por SingularGreen y el mantenimiento es realizado por el equipo encargado del Laboratorio Inclusivo de Soluciones Basadas en la Naturaleza del CIEC, actualmente a cargo de la Fundación Juan XXIII, una entidad con una destacada labor en la inclusión sociolaboral y la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (Figura 2).

Figura 1. Mapa de localización del Centro de Innovación en Economía Circular del Ayuntamiento de Madrid (CIEC) en el distrito de Vicálvaro, Madrid, España. Fuente: Google, 2026.

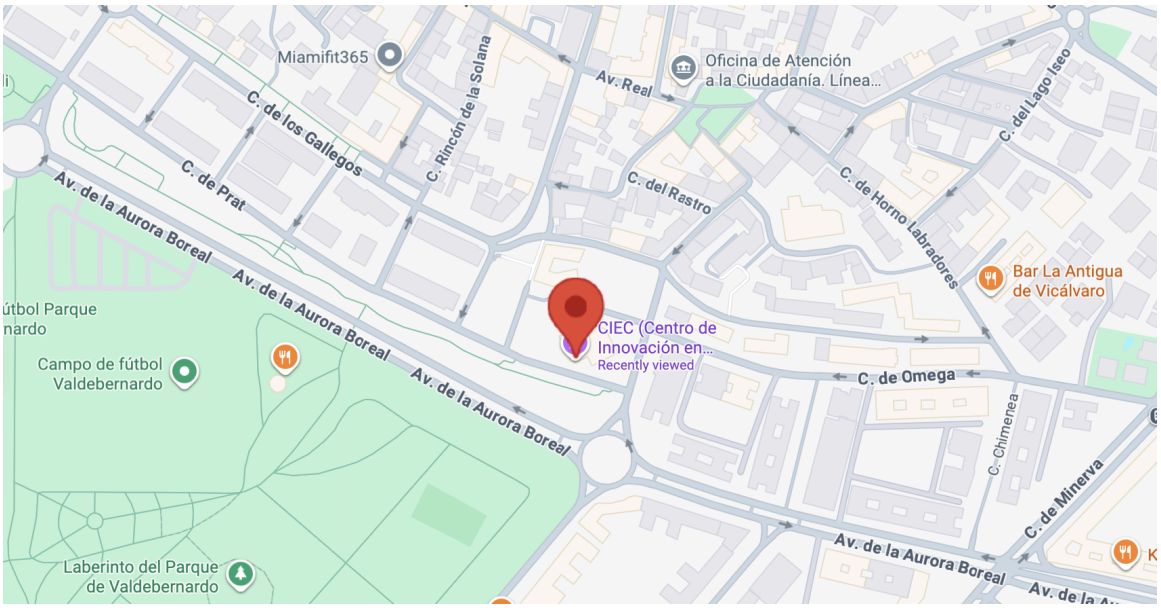


Figura 2. Fotografía del Huerto Vertical en CIEC Madrid con los sensores de superficie instalados (en la mitad izquierda de la imagen).
Fuente: GraCity, 2026.



La monitorización de los datos y la telemetría del piloto han sido llevadas a cabo por GraCity, empresa especializada en la monitorización de espacios naturales. Su tecnología ha permitido recopilar y analizar de forma continua los KPIs presentados en este informe, proporcionando una base sólida para la evaluación del impacto del jardín vertical y garantizando la gobernanza de los datos.

El jardín vertical del CIEC es un huerto de 20m² que alberga flores, frutos y plantas comestibles durante todo el año, cultivadas sobre lana de roca. Los sensores de monitorización incluyen sondas de Plantae

para humedad y temperatura en las plantas, y sensores de calidad del aire de AirGradient en el huerto vertical y en un punto exterior de contraste. Adicionalmente, se utilizan datos meteorológicos de una torre exterior Plantae (temperatura, humedad, radiación solar) para un análisis contextualizado.

3. Metodología y datos analizados

El periodo de análisis comprende la monitorización continua del 27 de agosto de 2025 al 11 de enero de 2026 (2025-08-27 → 2026-01-11), constituyendo el rango temporal coincidente y validado en todas las fuentes de datos: sensores de microclima y calidad del aire (AirGradient), humedad y temperatura de sustrato (Plantae), radiación solar (torre exterior) y datos de consumo energético e hídrico (KPI_Carbono). Este período garantiza la coherencia y trazabilidad de todos los indicadores presentados en el informe.

Las métricas analizadas se estructuran en cuatro bloques principales:

- **Microclima y Calidad del Aire:**
    - Humedad Relativa (HR),
    - Temperatura del Aire (T_aire),
    - Partículas PM2.5,
    - Dióxido de Carbono (CO_2) y
    - Óxidos de Nitrógeno (NOX),

  en el punto del huerto vertical (CIEC) y en un punto exterior de referencia (EXT).
- **Carbono:**
    - Toneladas de CO_2 equivalente (tCO_2e) evitadas/capturadas,
        - ahorro energético (kWh) y
        - ahorro de agua (m^3),

  asociados a la operación del huerto vertical.
- **Agua:** Ahorro de agua estimado en litros y su relación con la dinámica de humedad del sistema, especialmente en la regulación del microclima (considerando la correlación con el comportamiento de las partículas en suspensión).
- **Biodiversidad:** Número de especies registradas en el espacio del huerto vertical y evaluación de su distribución mediante el índice de diversidad de Shannon-Weaver, que permite valorar no solo la riqueza de especies, sino también el grado de equilibrio entre ellas.

En conjunto, esta metodología permite tratar el jardín vertical no solo como un elemento paisajístico, sino como una infraestructura verde monitorizada, capaz de generar evidencia verificable sobre salud urbana, resiliencia climática, biodiversidad y desempeño ambiental en un marco de medición, reporte y verificación (MRV).

4. Resultados del análisis de KPIs y valoración económica

4.1. Impacto en el microclima y calidad del aire

El análisis de los datos de monitorización de GraCity revela el impacto del jardín vertical en el microclima y la calidad del aire, destacando la capacidad de amortiguación y filtrado en momentos críticos.

A continuación, se presentan los deltas máximos instantáneos (Huerto/CIEC - Exterior) para las métricas clave, desglosados por época de calor y frío.

Tabla 1. Medias y Deltas máximos instantáneos CIEC–Exterior: Época de Calor (mayo–septiembre). Fuente: GraCity, 2026.

Época de calor (mayo - septiembre)

Métrica	Media huerto	Media exterior	Delta (H - E)	% Diferencia	Máx delta (Pos)	Máx delta (Neg)
Temperatura (°C)	26,08	**26,13**	**-0,05**	**-0,18%**	**+10**	**-12,60**
Humedad relativa (%)	46,98	44,78	+2,20	+4,90%	**+39**	-22
PM2.5 (µg/m³)	13,27	11,44	+1,83	+15,96%	**+37,10**	-11,70
CO_2 (ppm)	420,07	432,67	-12,60	-2,91%	+43	**-88**
NOX (µg/m³)	3,68	**5,43**	**-1,75**	**-32,29%**	**+148**	**-251**

Tabla 2. Medias y Deltas máximos instantáneos Huerto–Exterior: Época de Frío (noviembre–marzo). Fuente: GraCity, 2026.

Época de frío (noviembre - marzo)

Métrica	Media huerto	Media exterior	Delta (H - E)	% Diferencia	Máx delta (Pos)	Máx delta (Neg)
Temperatura (°C)	10,78	10,13	+0,65	+6,40%	**+11,80**	-5,50

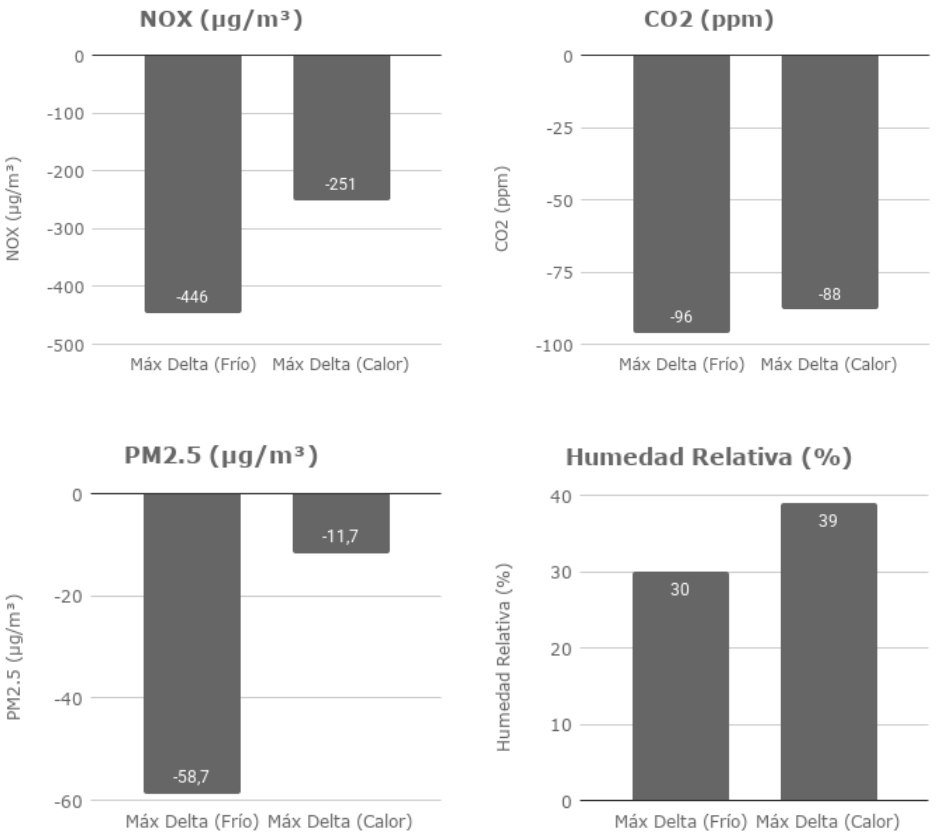
Métrica	Media huerto	Media exterior	Delta (H - E)	% Diferencia	Máx delta (Pos)	Máx delta (Neg)
Humedad relativa (%)	73,78	72,28	+1,50	+2,07%	**+30**	-25
PM2.5 (µg/m³)	10,38	7,16	+3,22	+44,90%	+46,90	**-58,70**
CO_2 (ppm)	424,25	420,49	+3,76	+0,89%	+51	**-96**
NOX (µg/m³)	4,56	**5,82**	**-1,26**	**-21,67%**	**+204**	**-446**

Análisis de deltas (Tablas 1 y 2):

- **Amortiguación térmica:** El jardín vertical demuestra una notable capacidad de enfriamiento en época de calor, con una reducción de hasta -12,60 °C en la temperatura del aire en el huerto respecto al exterior en momentos puntuales (ver evento del 18 de septiembre de 2025). En contraste, en época de frío, actúa como un aislante térmico, manteniendo la temperatura del aire en el huerto hasta 11,80 °C más alta que en el exterior. Esto subraya su rol en la mitigación del efecto isla de calor y la mejora de la eficiencia energética del edificio.
- **Calidad del aire (NOX):** La capacidad de reducción de Óxidos de Nitrógeno (NOX) es buena en momentos de alta polución, alcanzando una disminución de hasta -446 µg/m³ (-32,29%) en época de frío y -251 µg/m³ (-21,67%) en época de calor. Esto evidencia un impacto significativo en la mejora de la calidad del aire respirable.
- **Partículas PM2.5:** El jardín actúa como un filtro dinámico para las partículas PM2.5. Se observan momentos de gran reducción (hasta -58,70 µg/m³ en frío), indicando una limpieza efectiva del aire. Sin embargo, también se registran picos donde el huerto vertical muestra valores más altos que el exterior, lo que sugiere una retención y posible concentración de partículas en la estructura del jardín, que posteriormente pueden ser lavadas por la lluvia o re-suspendidas. Este comportamiento dual es clave para entender su función como sumidero de contaminantes. También se achaca este comportamiento a la mayor cantidad de humedad, la cual puede desvirtuar la identificación de partículas en el sensor.
- **Dióxido de carbono (CO_2):** La absorción de CO_2 es notable, con reducciones instantáneas de hasta -88 ppm en época de calor y -96 ppm en época de frío, lo que confirma la contribución del jardín a la captura de carbono atmosférico. Destacando la absorción de forma más efectiva durante la época de calor (-12,60 ppm de delta medio), alineándose con la actividad biológica del huerto.

- **Humedad relativa (HR):** El jardín incrementa la humedad relativa en su entorno, con picos de hasta 39% en época de calor, lo que contribuye a la sensación de confort y a la mitigación de la sequedad ambiental.

Figuras 3, 4, 5 y 6: Deltas máximos de la época de frío y la época de calor de NOX, CO_2, PM 2.5 y Humedad relativa. Fuente: GraCity, 2026.



Evento crítico: 18 de Septiembre de 2025, 15:00h
En esta fecha y hora, se registró un delta de temperatura de -12,60 °C (T_aire_CIEC: 34,2 °C vs T_aire_EXT1: 46,8 °C), demostrando la capacidad excepcional del jardín vertical para mitigar las altas temperaturas en un entorno urbano durante una ola de calor.
Dado que el piloto se inició a finales de agosto, es razonable anticipar que en futuros veranos podrían observarse deltas similares o superiores en episodios de ola de calor.

4.2. Impacto en la huella de carbono y gestión del agua

Los resultados relacionados con la huella de carbono y el ahorro de agua, también monitorizados por GraCity, son los siguientes:

- **Total tCO_2e evitadas/capturadas:** -0,3537 tCO_2e
- **Ahorro energético total (kWh):** -1 945,68 kWh
- **Ahorro de agua total (m^3):** -9,20 m^3

Análisis:
Estos datos demuestran la contribución directa del huerto vertical a la mitigación del Cambio Climático a través de la captura de CO_2 y el ahorro de energía, asociado a la reducción de la demanda de climatización del edificio, conforme a los datos monitorizados.

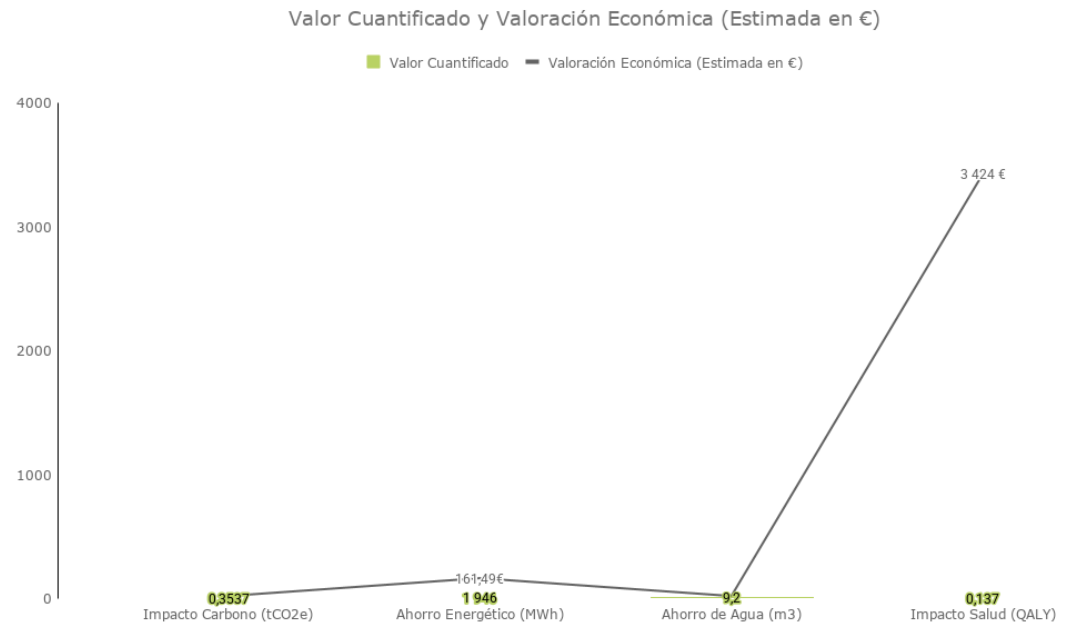
4.3. Valoración económica de los impactos

La cuantificación económica de los beneficios ambientales y de salud generados por el huerto vertical durante la prueba proporciona una perspectiva integral de su valor. Utilizando referencias económicas para España en 2025-2026, se estima lo siguiente:

Tabla 3. Valoración económica estimada de los impactos ambientales y de salud del huerto vertical del CIEC. Fuente: GraCity, 2026.

Concepto	Valor Cuantificado	Valoración Económica (Estimada)
Impacto Carbono (CO_2)	0,3537 tCO_2e	17,68 € [18]
Ahorro Energético	1 945,68 kWh	161,49 € [14]
Ahorro de Agua	9,20 m^3	17,57 € [3]
Impacto Salud (QALY)	0,1370 AVACs	3 423,86 € [17]
Valoración Total Estimada		**3 620,60 €**

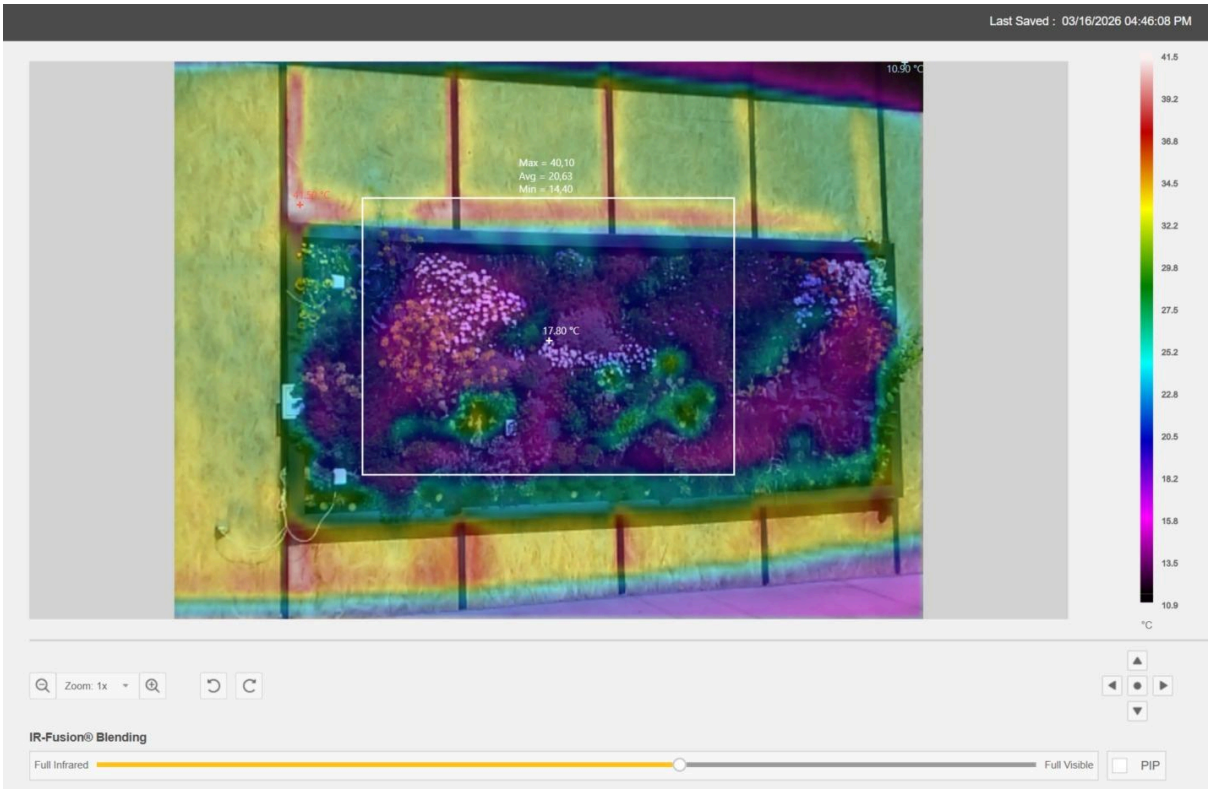
Figura 7. Gráfico del Valor Cuantificado y Valor Económico en euros de los Impactos Ambientales y de Salud del huerto vertical en CIEC Madrid. Fuente: GraCity, 2026.



Detalle de la valoración económica (Tabla 3 y Figura 7):

- **Impacto carbono (CO_2):** Se estima un valor de 50 € por tonelada de CO_2, basado en el coste social del carbono [18].
- **Ahorro energético:** Con un precio medio de 0,083 €/kWh en 2025 [14], el ahorro energético se traduce en 161,49 €.
- **Ahorro de agua:** Considerando un precio medio de 1,91 €/m³ para el agua en la Comunidad de Madrid [3], el ahorro asciende a 17,57 €.
- **Impacto en la salud (QALY):** El cálculo del Año de Vida Ajustado por Calidad (QALY) se basa en la mejora de la calidad del aire, específicamente la reducción de NOX. Asumiendo una reducción de 2,63 µg/m³ de NOX y un factor conservador de 0,0001 QALYs por µg/m³ de reducción de NOX por persona expuesta al año, para una población de 520 personas (20 trabajadores + 500 vecinos), se estima un beneficio de 0,1370 AVACs. Con un valor de 25 000 € por AVAC [17], el impacto en la salud se valora en 3 423,86 €.

Figura 8. Imagen termográfica del jardín vertical del CIEC (16 de marzo de 2026, 04:46 h). Max = 40.10 °C; Avg = 20.63 °C; Min = 14.40 °C. Fuente: CIEC, 2026.



Observado el comportamiento del huerto vertical bajo la vista de una cámara térmica, obtenemos la variación de temperaturas en la superficie. Los valores de la cámara térmica muestran picos que superan el umbral de 35 °C en vigas metálicas negras con un máximo aproximado de 40 °C. Sin embargo, la media térmica del área medida se sitúa en torno a 20,6 °C, con una mínima aproximada de 14,4 °C, lo que indica una dinámica térmica heterogénea y con episodios de estrés superficial que conviene seguir de cerca (Figura 8).

Lo más relevante es la bajada de temperatura en las zonas más frondosas del huerto, con valores del orden de 15–20 ºC por debajo de las zonas más calientes y significativamente inferiores a la media del área, lo que confirma el efecto de cámara de aire aislante generado por la masa vegetal.

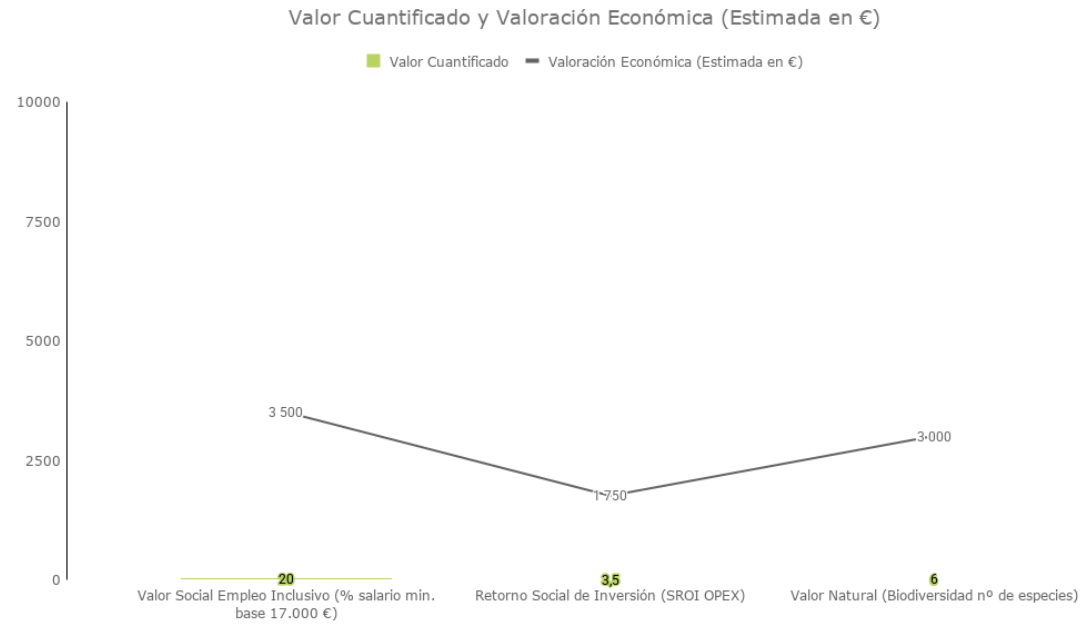
4.4. Valoración de impacto social y natural (PIB Social)

La contribución del proyecto va más allá de los beneficios ambientales directos, generando un significativo Valor Social (S de ESG) y contribuyendo al PIB Natural:

Tabla 4. Valoración económica estimada de los impactos sociales y de naturaleza del huerto vertical del CIEC. Fuente: GraCity, 2026.

Concepto	Valor Cuantificado	Valoración Económica (Estimada)
Valor Social Empleo Inclusivo	20% de la jornada	3 500,00 € [6]
Retorno Social de Inversión (SROI)	3.5x OPEX	1 750,00 € [15]
Valor Natural (Biodiversidad)	6 especies	3 000,00 € [13]
Total Valor Social y Natural Estimado		**8 250,00 €**

Figura 9. Gráfico del valor cuantificado y valor económico en euros de los impactos sociales y de naturaleza del huerto vertical en CIEC Madrid. Fuente: GraCity, 2026.



Detalle de la valoración social y natural (Tabla 4 y Figura 9):

- **Valor social del empleo inclusivo:** Al emplear a personas en situación de vulnerabilidad, genera un valor social estimado de 3 500 € como el 20% de la jornada de un salario de 17 000 € anuales por puesto de trabajo inclusivo [6].

- **Retorno social de la inversión (SROI):** Basado en el OPEX anual del proyecto (500 €) y un factor SROI conservador de 3,5x para proyectos de inclusión social [15], se estima un retorno social de 1 750 €.
- **Valor natural de la Biodiversidad:** La presencia de 6 especies contribuye al PIB Natural. Aunque la valoración es compleja, se puede asignar un valor simbólico de 500 € por especie para reflejar su importancia ecológica y los servicios ecosistémicos asociados [13].

4.4.1. Valor natural de la biodiversidad del huerto

El huerto vertical del CIEC, al ser un huerto con flores, frutos y plantas comestibles, ha demostrado ser un punto de atracción para la vida silvestre urbana. La monitorización ha revelado: **6 especies registradas**

Análisis:
La presencia de 6 especies diferentes en un espacio de 20m² subraya el papel fundamental de los jardines verticales como refugios y promotores de la biodiversidad urbana. Este aumento de la biodiversidad contribuye a la creación de corredores ecológicos y a la resiliencia de los ecosistemas urbanos. No obstante, el valor corresponde a un valor Shannon-Weaver de 0,7866. Este valor es bajo (valor medio entre 1,5 y 3,5) y ampliamente mejorable. En el huerto existen dos especies predominantes: hormigas y pulgones (Tabla 5).

Tabla 5. Distribución de individuos y proporciones por especie registrada en el huerto vertical del CIEC (observación mayo 2026).

Especie	Individuos (n)	Proporción (p)
Pulgones	148	0,6981
Hormigas	55	0,2594
Moscas	4	0,0189
Mariposa	3	0,0142
Abejas	1	0,0047
Araña	1	0,0047
Total	**212**	**1,0000**

La evaluación de la biodiversidad en el huerto vertical se realizó mediante una observación puntual de la comunidad de insectos presente. El muestreo evidenció una clara dominancia de pulgones y hormigas,

con presencia marginal de otros grupos como moscas, mariposas, abejas y arañas, alcanzando un total de 6 especies y 212 individuos contabilizados. Esta composición sugiere un estado ecológico aún inmaduro, con necesidad de avanzar en la identificación y seguimiento de la fauna asociada tanto para el control de plagas como para la potenciación de especies beneficiosas.

Figura 10. Imagen de la selección de especies vegetales en el huerto vertical del CIEC.



La elevada concentración de pulgones refuerza la necesidad de implementar medidas de monitorización continua y control preventivo, mientras que la presencia de polinizadores y depredadores naturales, aunque baja, confirma el potencial del sistema para evolucionar hacia una combinación más equilibrada.

Las especies vegetales presentes en los huertos verticales son mayoritariamente entomófilas (Figura 10), por lo que la contribución de la entomofauna al proceso reproductivo es relevante en términos de polinización directa; no obstante, la biodiversidad asociada sigue siendo fundamental para la salud ecológica del sistema, la estabilidad trófica y la detección temprana de desequilibrios.

Además, la condición entomófila de las especies presentes en el huerto vertical refuerza su adecuación desde una perspectiva de salud urbana, al reducir en general la exposición a grandes cargas de polen aerotransportado asociadas a muchas especies anemófilas. Por ello, la selección botánica del sistema no solo responde a criterios ecológicos y de funcionalidad trófica, sino también a criterios preventivos de salud pública, especialmente relevantes en población con alergias respiratorias estacionales.

Figura 11. Imagen del prototipo inicial del sensor de microbiodiversidad instalado en CIEC.

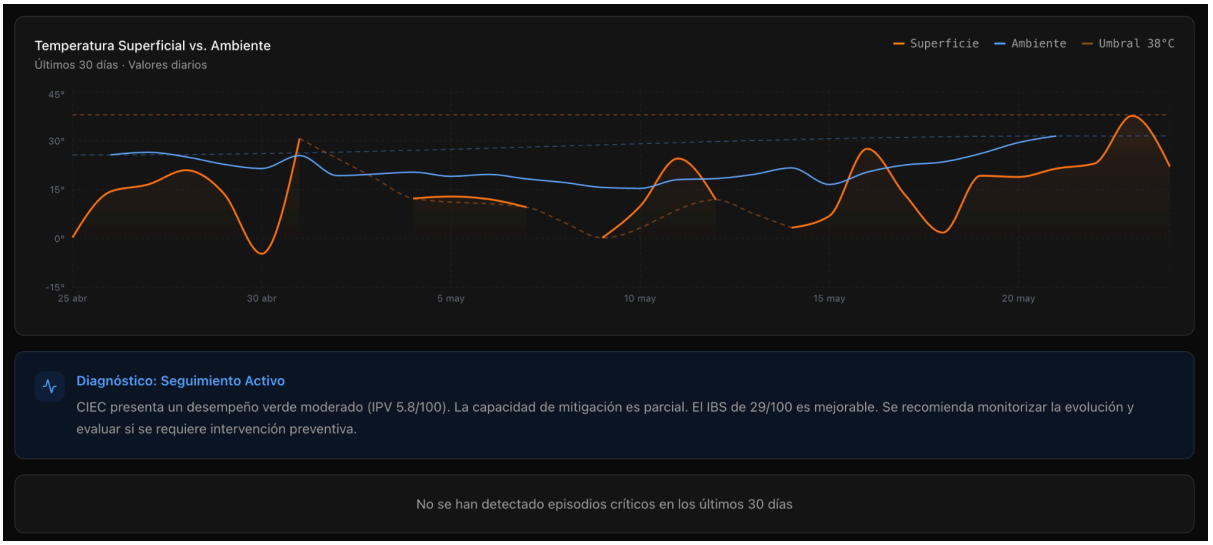


Con este objetivo, se ha decidido avanzar en el desarrollo, junto con la empresa NaturIOT, de un dispositivo de microbiodiversidad basado en una caja equipada con colores de atracción y una cámara con detección de movimiento, capaz de capturar, identificar y registrar los insectos presentes en el área de forma exhaustiva y verificable (Figura 11). Esta solución permitirá convertir una observación puntual en un sistema de seguimiento continuo, trazable y auditable, alineado con los criterios de MRV del proyecto.

5. Alineación con la regulación internacional, nacional y local

Estos resultados refuerzan el desarrollo de la plataforma de GraCity porque convierten el huerto vertical en un caso de uso medible, verificable y escalable. La combinación de biodiversidad, impacto a nivel térmico y de humedad y calidad del aire permite construir indicadores integrados de salud del sistema, relacionando estado ecológico, estrés térmico (Figura 12) y comportamiento en un mismo marco analítico.

Figura 12. Dashboard GraCity: Temperatura Superficial vs. Temperatura Ambiente (últimos 30 días).
Fuente: MVP Plataforma GraCity V1.2, 2026.



5.1. Marcos europeos y directivas (cumplimiento local)

- **Directiva de Eficiencia Energética en Edificios (EPBD):** Las directivas de la UE exigen a los edificios públicos la descarbonización progresiva. El huerto vertical actúa como una capa de aislamiento térmico natural de fachada que reduce las necesidades de refrigeración y calefacción del inmueble, contribuyendo directamente a la eficiencia energética y la descarbonización [4].
- **Directiva Europea de Sostenibilidad Corporativa (CSRD) - Estándares ESRS:** A través de este piloto hemos podido auditar indicadores de los reportes europeos obligatorios de sostenibilidad [5].
    - ESRS E1 (Cambio Climático): Proporciona métricas reales de ahorro en consumo eléctrico (-1 946 kWh) a través de la temperatura y secuestro de CO_2 (-0 3537 tCO_2e) por masa nueva generada, fundamentales para la divulgación de impactos relacionados con el clima.
    - ESRS E2 (Contaminación): Evidencia la reducción del NOX ambiental (-21,67% en época de frío y -33,78% en época de calor), un contaminante clave. El comportamiento de PM2.5 requiere un análisis más profundo para entender si la retención de partículas se traduce en una mejora neta o en una acumulación local.
    - ESRS E4 (Biodiversidad y Ecosistemas): Certifica la creación de micro-hábitats para la fauna y flora local, con 6 especies registradas, apoyando la divulgación de impactos en la biodiversidad [5].

5.2. Marco estatal de clima y sostenibilidad

- **Ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética:** Esta ley exige a los municipios españoles de más de 50 000 habitantes implantar medidas drásticas de mitigación y adaptación urbana. El huerto cumple con el mandato al certificar el secuestro de 0 3537 toneladas de CO_2 y reducir la huella de carbono indirecta del edificio gracias al ahorro de -1 946 kWh de energía [10].
- **Estrategia Nacional de Infraestructura Verde, Conectividad y Restauración Ecológicas (MITECO):** Esta norma nacional regula el despliegue de zonas naturales interconectadas en España. El piloto responde exactamente al objetivo estatal de integrar Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) para frenar la fragmentación de hábitats, aportando datos reales con sus 6 especies registradas en un entorno urbano denso [12].

5.3. Normativa estatal de salud pública y medio ambiente

- **Plan Estratégico de Salud y Medioambiente (PESMA 2022-2026):** Impulsado conjuntamente por el Ministerio de Sanidad y el MITECO, este plan busca reducir la carga de enfermedades asociadas a factores ambientales mediante el enfoque *One Health* (Salud Única). El proyecto materializa este objetivo al rebajar los niveles de NOX, uno de los contaminantes atmosféricos más lesivos vigilados por el plan nacional y que caen al suelo, difíciles de medir sin monitorización in situ [11].
- **Ley 33/2011 General de Salud Pública:** Responde a la obligación de las administraciones locales de realizar sanidad ambiental preventiva. Los 3 424€ anuales de ahorro sanitario calculados (0,137 AVACs) demuestran científicamente cómo la infraestructura verde funciona como un activo de salud municipal preventivo [9].

5.4. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El proyecto contribuye directamente a varios ODS de la Agenda 2030 de Naciones Unidas:

- **ODS 3 (Salud y Bienestar):** Mejora de la calidad del aire (reducción de NOX) y beneficios para la salud de la población urbana.
- **ODS 8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico):** Generación de empleo inclusivo.
- **ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles):** Implementación de SBN para hacer las ciudades más resilientes, seguras y sostenibles.
- **ODS 13 (Acción por el Clima):** Mitigación del Cambio Climático (secuestro de CO_2, ahorro energético) y adaptación (moderación del microclima).
- **ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres):** Fomento de la biodiversidad urbana y creación de hábitats para la flora y fauna local.

6. Conclusiones

El proyecto de jardines verticales del CIEC, monitorizado por GraCity, demuestra un impacto positivo y medible en la sostenibilidad urbana, alineándose con los objetivos de las principales regulaciones internacionales, nacionales y locales. Los resultados en la mejora del microclima, la calidad del aire (especialmente NOX), la mitigación de carbono, el ahorro de agua y el fomento de la biodiversidad son claros y cuantificables económicamente. La valoración económica total estimada de los beneficios directos asciende a 3 620,61 €, con un valor social y natural adicional de 8 250 €.

En conjunto, el piloto confirma que los jardines verticales pueden actuar como infraestructuras verdes de alto valor para la resiliencia urbana, aportando beneficios medibles en microclima, calidad del aire, biodiversidad, salud y eficiencia de recursos. La monitorización desarrollada por GraCity permite transformar esos beneficios en indicadores verificables, comparables y escalables, consolidando una base técnica sólida para su replicación en otros edificios y distritos de alta densidad.

7. Referencias

1. Agencia Estatal de Meteorología. (2012). *Guía resumida del clima en España (1981–2010).* AEMET. https://www.aemet.es/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/guia_resumida_2010

2. American National Standards Institute. (2026). *ISO 14092:2026 — Climate change adaptation.* The ANSI Blog. https://blog.ansi.org/ansi/iso-140922026-climate-change-adaptation/

3. Canal de Isabel II. (2025). *Tarifas del servicio de abastecimiento de agua en la Comunidad de Madrid.* https://www.canaldeisabelsegunda.es/

4. European Commission. (2024). *Energy performance of buildings directive (EPBD).* https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings-directive_en

5. European Financial Reporting Advisory Group. (2023). *ESRS E4: Biodiversity and ecosystems.* EFRAG. https://www.efrag.org/sites/default/files/sites/webpublishing/SiteAssets/ESRS%20E4%20Delegated-act-20235303-annex-1_en.pdf

6. Fundación ONCE. (2024). *Valoración económica del empleo inclusivo y el PIB social en España.* https://www.fundaciononce.es/

7. García Pérez, J. (2022). *El coste social del carbono: oportunidades en la evaluación de políticas públicas.* Celtibérica. https://www.celtiberica.es/documentos/CosteSocialCarbono-JavierGarciaPerez.pdf

8. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2010). *Guía técnica: Condiciones climáticas exteriores de proyecto.* IDAE. https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-condiciones-climaticas-exteriores-de-proyecto

9. Jefatura del Estado. (2011). *Ley 33/2011, de 4 de octubre, General de Salud Pública.* Boletín Oficial del Estado. https://www.boe.es/eli/es/l/2011/10/04/33/con

10. Jefatura del Estado. (2021). *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y transición energética.* Boletín Oficial del Estado. https://www.boe.es/eli/es/l/2021/05/20/7/con

11. Ministerio de Sanidad & Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022). *Plan Estratégico de Salud y Medioambiente (PESMA) 2022–2026.* https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/docs/PESMA_20222026.pdf

12. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). *Estrategia Nacional de Infraestructura Verde, Conectividad y Restauración Ecológicas. MITECO.* https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/infraestructura-verde/

13. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2023). *Valoración de la biodiversidad y servicios ecosistémicos.* MITECO. https://www.miteco.gob.es/

14. Red Eléctrica de España. (2025). *Precio medio final de la energía en el mercado eléctrico.* REE. https://www.sistemaelectrico-ree.es/es/informe-del-sistema-electrico/mercados/precio-medio-final

15. Social Value International. (2023). *Retorno Social de la Inversión (SROI) en proyectos de inclusión social.* https://www.socialvalueinternational.com/

16. Taskforce on Nature-related Financial Disclosures. (2023). *TNFD framework.* https://tnfd.global/

17. Vallejo-Torres, L., García-Lorenzo, B., & Serrano-Aguilar, P. (2018). *Estimating a cost-effectiveness threshold for the Spanish NHS.* Health Economics, 27(4), 746–761. https://doi.org/10.1002/hec.3633

18. WayCarbon. (2023). *¿Cuál es el coste social del carbono?* https://waycarbon.com/es/blog/cual-es-el-coste-social-del-carbono/