

Cuestiones de sostenibilidad en el sector de la construcción: del diseño biofílico  
a la evaluación de la energía incorporada

*Original*

Cuestiones de sostenibilidad en el sector de la construcción: del diseño biofílico  
a la evaluación de la energía incorporada / Mele, Caterina. - ELETTRONICO. - 9:(2025), pp. 81-89.

*Availability:*

This version is available at: 11583/3002328 since: 2025-08-04T17:47:28Z

*Publisher:*

RI3 Red Internacional de Biomimesis

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)



## **Cuestiones de sostenibilidad en el sector de la construcción: del diseño biofílico a la evaluación de la energía incorporada**

Caterina Mele<sup>1</sup>

### **Resumen**

El sector de la construcción, altamente intensivo en energía a escala global, puede, sin embargo, tener un gran potencial positivo para alcanzar los objetivos de sostenibilidad firmados por los estados adheridos al Acuerdo de París sobre el clima de 2015. Además de las acciones y estrategias nacionales y supranacionales esenciales que deben emplearse para que el sector de la construcción retome la trayectoria correcta hacia la sostenibilidad, es necesario identificar qué elementos, materiales, prácticas y métodos de diseño pueden ser los más efectivos. Esta contribución explora algunos de estos temas.

### **Palabras clave**

Análisis del ciclo de vida (ACV), Construcciones, Energía, Soluciones basadas en la Naturaleza

### **Sustainability issues in the construction sector: from biophilic design to embodied energy assessment**

### **Abstract**

The construction sector, highly energy-intensive on a global scale, can however have great and positive potential in achieving the sustainability objectives signed by the states adhering to the 2015 Paris Agreement on climate. In addition to the essential national and supranational actions and strategies to be used to bring the construction sector back on the correct sustainability trajectory, it is necessary to identify which elements, materials, practices and design methods can be the most effective. This contribution explores some of these themes.

### **Keywords**

Life Cycle Assessment (LCA), Constructions, Energy, Nature Based Solutions

### **Introducción**

La civilización humana, al finalizar el primer cuarto del siglo XXI, se enfrenta a un grave obstáculo evolutivo, que afecta, por un lado, a la cuestión energética y, por otro, al cambio climático. La creciente demanda de energía en una espiral de crecimiento perverso, conlleva un aumento de las emisiones de gases que alteran el clima y junto con otros factores están violando los límites planetarios (Rockstrom, Steffen *et al.*, 2009). Todo

---

<sup>1</sup> Arquitecta. Ph.D. Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile, Geotecnica, Politecnico di Torino, Torino, Italia e-mail: caterina.mele@polito.it



esto exige que la humanidad reconsidere radical y urgentemente su modelo de desarrollo y desarrolle soluciones concretas en materia de energía y emisiones, desde la escala macro/global hasta la micro/local. En cuanto a la energía, las especies vivas más eficientes en este planeta son las plantas. Las plantas no solo son la base de todas las cadenas tróficas que sustentan la vida terrestre, sino que también son los organismos más eficientes en la transformación directa de la energía solar para sus propias necesidades mediante la fotosíntesis. Representan la mejor tecnología disponible para capturar el CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera y producir oxígeno. Como bien ha indicado J. Beynus (Beynus 2002), la tecnología de la Naturaleza sustenta la vida utilizando una fuente inagotable de energía, limpia, renovable y disponible en todas partes: el sol.

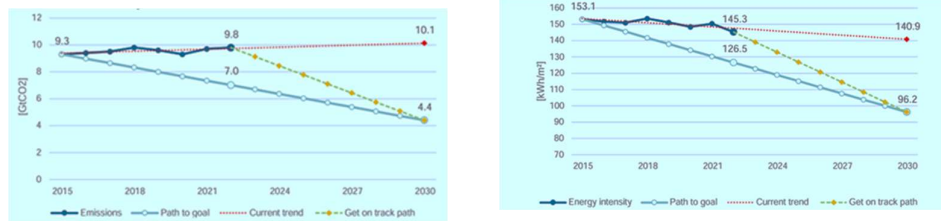
El tema de la energía es central en todos los sectores de la actividad humana, y esto también aplica a todo el sector de la construcción. Por lo tanto, la cuestión urgente es comprender cuáles son los principales problemas críticos que deben superarse en materia de energía y emisiones en el sector de la construcción, y qué direcciones estratégicas, prácticas y técnicas de diseño son las más prometedoras y efectivas para reducir su impacto, tanto a nivel global como local.

### **1. Energía y emisiones: Estado del arte y tendencias en el sector de la construcción**

El sector de la construcción es uno de los mayores consumidores de energía de las actividades humanas, contribuyendo directamente a aproximadamente una cuarta parte de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. El Informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción de las Naciones Unidas, 2024 (GABC, 2024) destaca que «El sector de la construcción sigue contribuyendo significativamente al cambio climático, representando alrededor del 21 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. En 2022, los edificios requirieron el 34 % de la demanda energética mundial y generaron el 37 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía y los procesos. A pesar de una reducción del 3,5 % en la intensidad energética, la demanda energética general y las emisiones aumentaron alrededor de un 1 % en comparación con 2021. Si también se incluyeran otros materiales utilizados en los edificios, como plásticos, espumas, textiles y otros materiales blandos y duros, la proporción de emisiones sería aún mayor». Las medidas regulatorias adoptadas por los Estados adherentes al Acuerdo de París sobre el clima y a los objetivos de sostenibilidad de las Agendas 2030-2050 demuestran, a la vista de los datos, una falta de incisividad y de eficacia. Por el contrario, los datos del Informe GABC 2024 muestran un panorama preocupante, con una tendencia al alza en el consumo y las emisiones. Actualmente, las proyecciones para 2030 de emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del funcionamiento de los edificios muestran curvas de crecimiento continuo y superarán el doble del valor requerido (fig. 1a). Para seguir por el



buen camino, las emisiones de CO<sub>2</sub> deberían disminuir en promedio alrededor de un 10 % anual hasta 2030.



Fuente: Buildings Performance Institute Europe, GABC 2024

Figura (1a e 2b): A la izquierda, las emisiones y a la derecha la intensidad energética del stock inmobiliario mundial, con las trayectorias reales y corregidas.

En cuanto a la intensidad energética del sector de la construcción, para cumplir con la trayectoria de referencia del Acuerdo de París, la intensidad energética global de los edificios debería disminuir aproximadamente un 37 % con respecto a 2015. La reducción del 3 % registrada en 2022 con respecto a 2021 supera en un 15 % el valor (96,2 kWh/m<sup>2</sup>) necesario para cumplir con los objetivos de París. De continuar esta tendencia, en 2030 la intensidad energética del sector superará el valor requerido en casi un 50 %. Para cumplir con los objetivos, la intensidad energética debería disminuir aproximadamente un 5 % cada año hasta 2030 (aproximadamente siete veces más rápido que en el período 2015-2022, fig.1b). En cuanto a los objetivos de transición a fuentes de energía renovables, los datos del Informe GABC 2024 muestran que la trayectoria actual dista mucho de la trayectoria de referencia. Para cumplir los objetivos del Acuerdo de París, la proporción de energías renovables en la demanda final de energía de los edificios debería aumentar un 1,5 % anual hasta 2030. Las consecuencias de no cumplir con los objetivos climáticos tienen impactos múltiples y multidimensionales. Los edificios existentes estarán sujetos a un riesgo creciente de sobrecalentamiento a medida que las temperaturas globales sigan aumentando a lo largo del siglo. Esto es particularmente cierto para los edificios de alta densidad, como los rascacielos, que a menudo se caracterizan por grandes cantidades de vidrio. La mayor prevalencia de fuertes vientos y tormentas en muchas regiones también requerirá mayores tasas de reparación y la necesidad de adaptar los materiales y métodos de construcción para resistir dichos eventos (Carlin *et al.*, 2023). Considerando las grandes aglomeraciones urbanas, las ciudades costeras de todo el mundo serán particularmente vulnerables al cambio climático (Faraud, Fathi 2023), debido al aumento e intensidad de las inundaciones (EPA 2023). Otra de las probables consecuencias del incumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París es que, para hacer frente al mayor malestar climático, aumentará el consumo de energía para el funcionamiento de los edificios. Este crecimiento, junto con el crecimiento de la población mundial, se producirá principalmente en los países más pobres y cálidos del planeta, donde, sin políticas correctivas, los nuevos edificios se construirán con prácticas



informales, sin estar regulados por códigos y normas energéticas ni de edificación. Actualmente, casi el 70 % del consumo de construcción a nivel mundial no está cubierto por códigos y normas de rendimiento obligatorios, y dos tercios de los países del mundo carecen de normas energéticas adecuadas para la construcción de nuevos edificios (Consejo Internacional de Códigos, 2022 (in biblio es en ingles: International Code Council 2022) ). La uniformidad del lenguaje es fundamental para que el sector de la construcción responda eficazmente al desafío climático. El papel de los códigos de construcción para guiar esta expansión prevista del parque inmobiliario global es estratégico para maximizar la capacidad de adaptación de los edificios (C40 Cities Climate Leadership Group 2024). Las soluciones específicas en el diseño y la construcción de edificios pueden mitigar los riesgos de exposición a climas desfavorables, además de contribuir a reducir el consumo de energía y a aumentar la sostenibilidad ambiental general. Adaptar los edificios al aumento de las temperaturas también podría ayudar a abordar el problema de la pobreza energética en las comunidades marginadas, obligadas a recurrir a métodos ineficientes y a menudo peligrosos para su supervivencia (WorldGBC 2022).

## **2. Técnicas y estrategias de bajas emisiones e impacto energético. Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y diseño biofílico**

Lo anterior deja claro que el problema energético en el sector de la construcción es muy complejo. La sostenibilidad real de un edificio requiere una evaluación seria y lo más completa posible de los diferentes aspectos que lo afectan. En este sentido, el proyecto adquiere gran importancia y debe basarse en una visión holística, tanto en el sector de la construcción como en el urbano. Las estrategias y prácticas de bajo impacto energético y respetuosas con el medio ambiente son las denominadas Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN), que, junto con el diseño biofílico, son dos enfoques que mejoran la sostenibilidad al situar la Naturaleza en el centro de la planificación arquitectónica y urbana. Las SBN se inspiran en la Naturaleza y aprovechan los mecanismos ecosistémicos para ofrecer una amplia gama de servicios (Matthews *et al.*, 2022). Requiere un enfoque multidisciplinar que involucre a arquitectos, paisajistas, ingenieros, ecólogos y a todas las partes interesadas. Esta complejidad debe ir acompañada de una financiación adecuada y un seguimiento constante para evaluar la eficacia de las soluciones adoptadas. Para ello, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha publicado en 2020 un estándar global para garantizar la implementación consistente y verificable de las SBN. Mientras que las SbN buscan integrar la Naturaleza en el diseño o la regeneración de entornos urbanos y edificados, el diseño biofílico busca integrar la Naturaleza directamente en la construcción del edificio. Si bien se basa en muchos aspectos de la construcción tradicional, el diseño biofílico es un campo emergente del diseño arquitectónico y de edificaciones. Sus principios de diseño se centran en la idea de



crear una conexión directa y significativa con la Naturaleza. La elección de los materiales de construcción es fundamental en la práctica de la edificación y en los principios del diseño biofílico. El uso de materiales naturales como la madera, también desde una perspectiva circular, puede ser fundamental para zonas como África, donde el desarrollo urbano es rápido, así como para la contención de emisiones a nivel global (GABC 2024, cit.). Recientemente se creó la Red de Ciudades Biofílicas (<https://www.biophiliccities.org/>). Se trata de una red global de ciudades comprometidas con una mayor biofilia mediante diversas estrategias, como la creación de redes y corredores verdes y azules para promover y defender la biodiversidad, la promoción de prácticas de agricultura urbana y la regeneración de espacios urbanos degradados. Al incorporar elementos vivos y naturales en el entorno construido, el diseño biofílico tiene un potencial significativo para reducir el consumo de energía, el uso de agua y la generación de residuos a nivel local y global (World GBC 2023).

### 3. La cuestión de la energía incorporada (*embodied energy*)

De este complejo escenario, brevemente descrito aquí, se desprende que, si bien es necesario impulsar las políticas energéticas nacionales e internacionales hacia trayectorias que respondan lo mejor posible a las firmadas (hace ahora 10 años) por 191 países en el Acuerdo de París sobre el clima, en el sector de la edificación es necesario acelerar una transformación en la sostenibilidad y la resiliencia de los métodos y prácticas de construcción. En este sentido, resulta estratégico no descuidar la integración de la energía en todos los procesos y materiales de construcción, lo que implica incluir el ciclo de vida en las evaluaciones de sostenibilidad. Entre los factores que a menudo se pasan por alto en la práctica actual al evaluar la sostenibilidad ambiental y energética de un edificio o construcción, se encuentra la cuestión de la energía gris o incorporada (*embodied energy*). El término energía incorporada (Costanza 1980) corresponde a la energía consumida directa o indirectamente por productos, procesos, servicios de actividades humanas. La energía incorporada nos permite conocer no solo el consumo energético de una fase específica del producto o proceso considerado, sino también el consumo energético de todo el ciclo de vida relacionado con él. (Jinghan, Wen *et al.*, 2019). Siguiendo en el sector de la construcción la fase de uso generalmente representa la mayor parte del consumo energético relacionado con el ciclo de vida del edificio (BPIE 2011). Por ello, la mitigación de los impactos ambientales causados por el sector de la construcción y la reducción de las necesidades energéticas del sector se han centrado principalmente en la reducción del consumo energético durante la fase de uso. Un edificio de alto rendimiento energético en fase de explotación requiere materiales y técnicas con altas demandas energéticas para su construcción. En consecuencia, la evaluación del rendimiento energético-ambiental de los edificios a través de balances energéticos que incluyen todas las fases del ciclo de vida del edificio en sí, y no se limitan solo a la fase



de uso, está adquiriendo cada vez mayor importancia (norma UNI EN 15978: 2011 [11]). De un estudio (Cellura, Guarino *et al.*, 2015) realizado en varios casos prácticos con diferentes técnicas de construcción, uso previsto, incidencia climática y geográfica, y tipo de intervención (rehabilitación y nuevo diseño), se desprende que la fase de producción de materiales y componentes de construcción presenta una contribución de energía incorporada que varía entre el 40,1 % y el 90,3 %; la fase de construcción, entre el 3,2 % y el 12,1 %; y el final de la vida útil, entre el 2,2 % y el 8,3 %. Investigaciones posteriores realizadas (Legambiente Kyoto Club, 2023) en las últimas décadas tienden a confirmar que los edificios construidos para un alto rendimiento energético generalmente presentan valores de energía incorporada más altos que los edificios tradicionales. Uno de los problemas relacionados con el cálculo de la energía incorporada reside en que las metodologías para calcularla también difieren significativamente según el enfoque adoptado para calcular el balance energético global del bien o servicio examinado. De hecho, se obtendrán resultados muy diferentes con un análisis de ACV realizado con un enfoque "de la cuna a la puerta", que incluye la energía primaria para la fase de extracción de materias primas, su procesamiento y ensamblaje en productos terminados, o viceversa, con un enfoque "de la cuna a la tumba", que también incluye el transporte a la obra y la fase de fin de vida útil del edificio, es decir, la deconstrucción o demolición del edificio y el tratamiento y la eliminación de residuos. (Cellura, Guarino *et al.*, 2015, cit.). A pesar de las variables derivadas de elementos heterogéneos, como los métodos de cálculo empleados, parece evidente que, para calcular correctamente el coste energético total de un edificio, es necesario extender el análisis energético a todo su ciclo de vida, calculando también la contribución de la energía incorporada. De ello se deduce que, un edificio puede ser declarado verdaderamente sostenible si, a lo largo de su vida útil, es capaz de devolver al medio ambiente la energía necesaria para su producción, más una cuota que se utilizará para su eliminación o reutilización.

#### 4. Conclusiones

En conclusión, los datos climáticos inexorables y difíciles de refutar (Informe resumido de IPCC 2023) sobre la crítica situación actual de la biosfera indican que alcanzar objetivos significativos de reducción del consumo energético y las emisiones en todos los sectores de la actividad humana es vital. El sector de la construcción, debido a sus características de alto consumo energético e impacto, debe ser uno de los más involucrados en procesos de transformación radical. De hecho, para declarar un edificio sostenible, no basta con considerar su consumo energético en la fase de operación, sino que es necesario evaluar el ciclo de vida de todos los materiales y procesos involucrados en las fases de diseño, construcción, operación y desmantelamiento del edificio, incluyendo la energía incorporada. Las elecciones deben priorizar materiales y procesos de bajo impacto energético, provenientes de fuentes renovables, productos locales y



producciones que permitan el uso de técnicas de construcción vinculadas a las tradiciones y la cultura de los lugares. Las intervenciones de renovación resiliente pueden incluir refuerzos estructurales, medidas de conservación de recursos destinadas a reducir la cantidad de energía que necesita un edificio (por ejemplo, con protección solar, ventilación natural y refrigeración nocturna, techos verdes, etc.) y medidas para mejorar la resiliencia del suministro de energía de los edificios, como la producción y el almacenamiento de energía renovable local (Williams Eynon, Brugger 2022). Los nuevos edificios deberán diseñarse teniendo en cuenta los nuevos extremos climáticos durante todo el proceso de diseño y construcción. Además, las estrategias basadas en SBN a nivel urbano y de edificación tienen el potencial de mejorar el confort y la resiliencia de las ciudades y los edificios, y junto con el diseño biofílico, contribuir a mitigar los efectos inevitables del cambio climático. La criticidad de la situación ambiental y climática actual exige decisiones urgentes y audaces, y el sector de la construcción puede y debe contribuir significativamente al logro de los objetivos climáticos necesarios. De lo contrario, sin una reducción efectiva y cuantificada del consumo energético en todos los sectores y áreas de producción, los objetivos de sostenibilidad seguirán siendo utópicos e inalcanzables, y el colapso climático de la Biosfera será inevitable (Richardson, Steffen *et al.*, 2023).

## 5. Referencias

- Benyus, JM (2002). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Perennial, New York
- Buildings Performance Institute Europe (BPIE), 2011. *Europe's buildings under the microscope. A country – by – country review of the energy performance of buildings*. ISBN: 9789491143014 <https://www.bpie.eu/publication/europes-buildings-under-the-microscope/>
- C40 Cities Climate Leadership Group (2024). *Reducing climate change impacts on new buildings*. New York City, New York. [https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Reducing-climate-change-impacts-on-new-buildings?language=en\\_US](https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Reducing-climate-change-impacts-on-new-buildings?language=en_US)
- Carlin, D., Arshad, M. and Baker, K. (2023). *Climate Risks in the Real Estate Sector*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya
- Cellura M, Guarino F, La Rocca V, Longo S (2015) *Sviluppo di piatta-forme innovative per il calcolo dell'energia incorporata nell'edilizia e di modelli per la quantificazione del potenziale ventilative cooling nell'edilizia*. *Enea Report 2015*, p.10, RdS/PAR2014/071
- Costanza, R. (1980) Embodied Energy and Economic Values. *Science*, 210: 1219-1224. <https://doi.org/10.1126/science.210.4475.1219>



- Environmental Protection Agency (EPA) (2023). *Climate Change Impacts on the Built Environment*. <https://www.epa.gov/climateimpacts/climate-change-impacts-built-environment>.
- Faraud, C., and Fathi, I., (2023). *Achieving a decarbonised and climate-resilient built environment*. C40 Cities Climate Leadership Group [https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Achieving-a-decarbonised-and-climate-resilient-built-environment?language=en\\_US](https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Achieving-a-decarbonised-and-climate-resilient-built-environment?language=en_US).
- Global Alliance for Building and Construction (GABC 2024), *Global Status Report for Buildings and Construction. Beyond foundation*. pp.19-37 <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction>
- International Code Council (2022). *Global Building Resilience Guidelines Guidelines for Resilient Buildings to Extreme Weather*. International Code Council, Washington D.C. [https://www.iccsafe.org/wp-content/uploads/22-21730\\_COMM\\_72922\\_Global\\_Resilience\\_Guidelines\\_FINAL\\_2.pdf](https://www.iccsafe.org/wp-content/uploads/22-21730_COMM_72922_Global_Resilience_Guidelines_FINAL_2.pdf)
- Jinghan C., Wen Z., Hongtao J., 2019, Is Embodied Energy a Better Starting Point for Solving Energy Security Issues? — Based on an Overview of Embodied Energy-Related Research in: *Sustainability* 2019, 11(16), 4260; <https://doi.org/10.3390/su11164260>
- Legambiente Kyoto Club, 2023, Decarbonizzare le costruzioni:la nuova sfida del settore edilizio, 2023. <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2023/10/Embodied-Carbon-2023.pdf>
- Marvin, D.C., Sleeter, B.M., Cameron, D.R., Nelson, E. and Plantinga, A.J. (2023). *Natural climate solutions provide robust carbon mitigation capacity under future climate change scenarios*. *Sci Rep* 13, 19008. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43118-6>
- Richardson, J., Steffen W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S.E., Donges, J.F., Fetzer, I. et al. (2023). Earth beyond six of nine Planetary Boundaries. *Science Advances*, 9, 37.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461: 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- William Eynon, A., Brugger L., (2022), *Resilient Retrofit: climate upgrade for existent buildings*, Urban Land Institute (ULI)
- World Green Building Council (2023). *Sustainable Buildings for everyone, everywhere*. *World Green Building Council*, London.



[https://worldgbc.org/wp-content/uploads/2022/08/Sustainable-Buildings-for-Everyone-Everywhere\\_FINAL.pdf](https://worldgbc.org/wp-content/uploads/2022/08/Sustainable-Buildings-for-Everyone-Everywhere_FINAL.pdf)

WorldGBC (2022). *Climate Change Resilience in the Built Environment 2022*. World Green Building Council, London. <https://viewer.ipaper.io/worldgbc/climate-change-resilience-in-the-built-environment-2022/>