

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/>

# REFLEXIONES

**LUIS ALFREDO GALÍNDEZ GALDONA**

**SANDRA ARRÁN**

**JUAN DE DIOS SALAS CANEVARO**

**OMAR ANTONIO GUERRERO**

## Reflexiones

### Reflexión 1

21

#### IMPORTANCIA DEL DISEÑO PASIVO PARA LOGRAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA SOSTENIBILIDAD EN EDIFICACIONES

*The importance of passive design to achieve energy efficiency and sustainability in buildings*



#### LUIS ALFREDO GALÍNDEZ GALDONA

Arquitecto graduado en la Universidad Central de Venezuela. Investigador y Profesor Asistente en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Los Andes, con diversos estudios de cursos en Arquitectura y Construcción. E-mail: galindez.galdona@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4331-8931>

El sector de la construcción representa uno de los sectores económicos con mayores implicancias en la consecución del Desarrollo Sostenible, específicamente por medio de la *eficiencia energética* en las edificaciones. Esta afirmación destaca el valor preponderante del diseño basado en estrategias pasivas, consideraciones sobre la envolvente térmica y a la integración de diversos subsistemas en la optimización del aprovechamiento de la energía, así como la mitigación del calor en procura del confort térmico y ambiental de los espacios habitables en el trópico, aspectos que son considerados como metas relevantes para lograr edificaciones de Energía Neta Cero y de Carbono Neto Cero.

De ahí que, el carácter multifactorial y diverso del sector de la construcción, le confiere a la industria una gran amplitud de aspectos desde los cuales se debe abordar la sostenibilidad, permitiendo realizar consideraciones en los distintos procesos que en ésta interviene, desde la propia extracción de las materias primas, la elaboración de materiales de diversos orígenes, sean primarios o

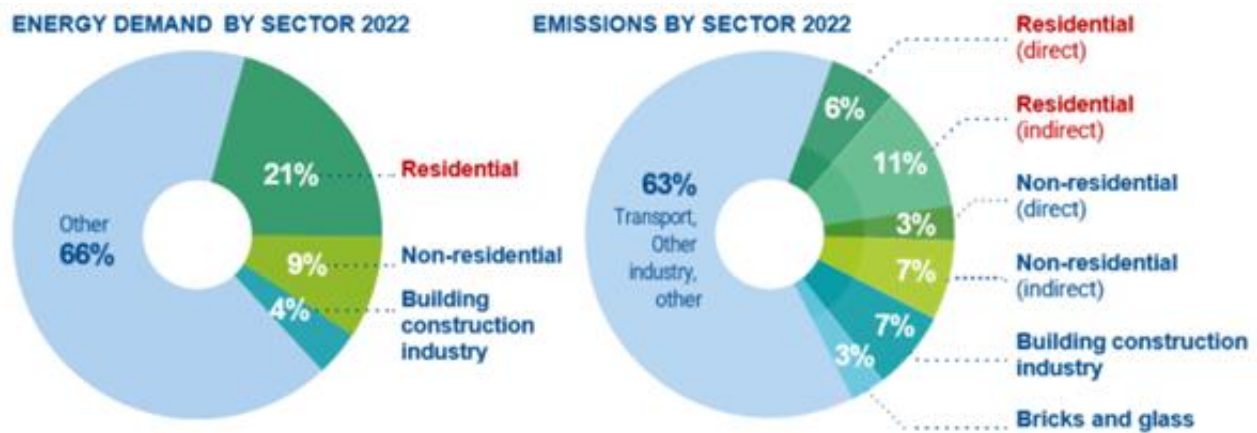
secundarios, la elaboración de componentes, procesos de ejecución de obras, el comportamiento de la edificación durante su vida útil, los recursos necesarios para su aprovechamiento y uso adecuado, hasta la deconstrucción para la incorporación de partes de alto valor agregado, tanto para el mismo sector, como para otros procesos industriales de carácter económicamente circular.

Uno de los aspectos a los que se les presta mayor atención en el logro de la sostenibilidad es el referente a la carga energética de los procesos y del uso operacional. A éste se refiere uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el N° 7 *Energía asequible y no contaminante*, que por razones obvias presenta importantes fuerzas de conexión con otros objetivos con los que interactúa de manera sinérgica, como lo son: N° 1 *Fin de la pobreza*; N° 2 *Hambre cero*; N° 3 *Salud y bienestar*; N° 6 *Agua limpia y saneamiento*; N° 8 *Trabajo decente y crecimiento económico*; N° 9 *Industria, innovación e infraestructura*; N° 10 *Reducción de las desigualdades*; N° 11 *Ciudades y comunidades sostenibles*; N° 12 *Producción y consumo responsable*; sin restar valor a los demás objetivos, aunque presentan una fuerza de conexión un poco más débil.

En tal sentido, se le da gran relevancia a la energía desde su generación primaria, su transformación y consumo final, sobre todo por las implicaciones antropogénicas en el cambio climático dadas las devastadoras consecuencias que han ocasionado las emisiones de gases equivalentes de Dióxido de Carbono (eCO<sub>2</sub>) por el uso de la energía de origen fósil, una de las principales causas del calentamiento global por su injerencia en el efecto invernadero.

En la figura 1, tomada de Beyond Foundations (2024), se puede observar cómo en el año 2022 el sector de la construcción presenta una demanda energética global del 34%, de los cuales el 30% ha sido usado para cubrir necesidades operativas, principalmente para calefacción y refrigeración; aunque han disminuido los requerimientos energéticos para calefacción en un 7% (AIE 2023 a), gracias a los mejores códigos de construcción sobre tratamientos de las envolventes de edificio existentes y nuevos.

Hay que destacar lo que expresa la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2023 b) expresa que el consumo de energía para la refrigeración de espacios se ha triplicado desde 1990, provocando una mayor presión sobre las redes eléctricas, mayores emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y una exacerbación de las islas de calor urbanas.



**FIGURA 1.** Participación de los edificios en el consumo total de energía final en 2022 (izquierda) y participación de los edificios en la energía global y emisiones de procesos en 2022 (derecha). Fuente: Beyond Foundations (2024).

El mismo informe expresa que, aunque se ha dado un incremento promedio de la demanda energética en edificaciones de aproximadamente 1% anual entre el año 2010 y el año 2022, se presentó una mejora en intensidad energética por metro cuadrado del 3,5% entre el 2021 y 2022 gracias al mejoramiento de los códigos de construcción y al rendimiento de los tejidos (envolvente de las edificaciones) especialmente en países de climas fríos en su mayoría desarrollados. Muy por el contrario, hubo un desmejoramiento en países con climas cálidos donde adolecen de apoyo gubernamental para la gestión e implementación de códigos de construcción adaptados a sus distintas zonas climáticas; algo contradictorio por la alta demanda energética para refrigeración de espacios habitables, aunado al

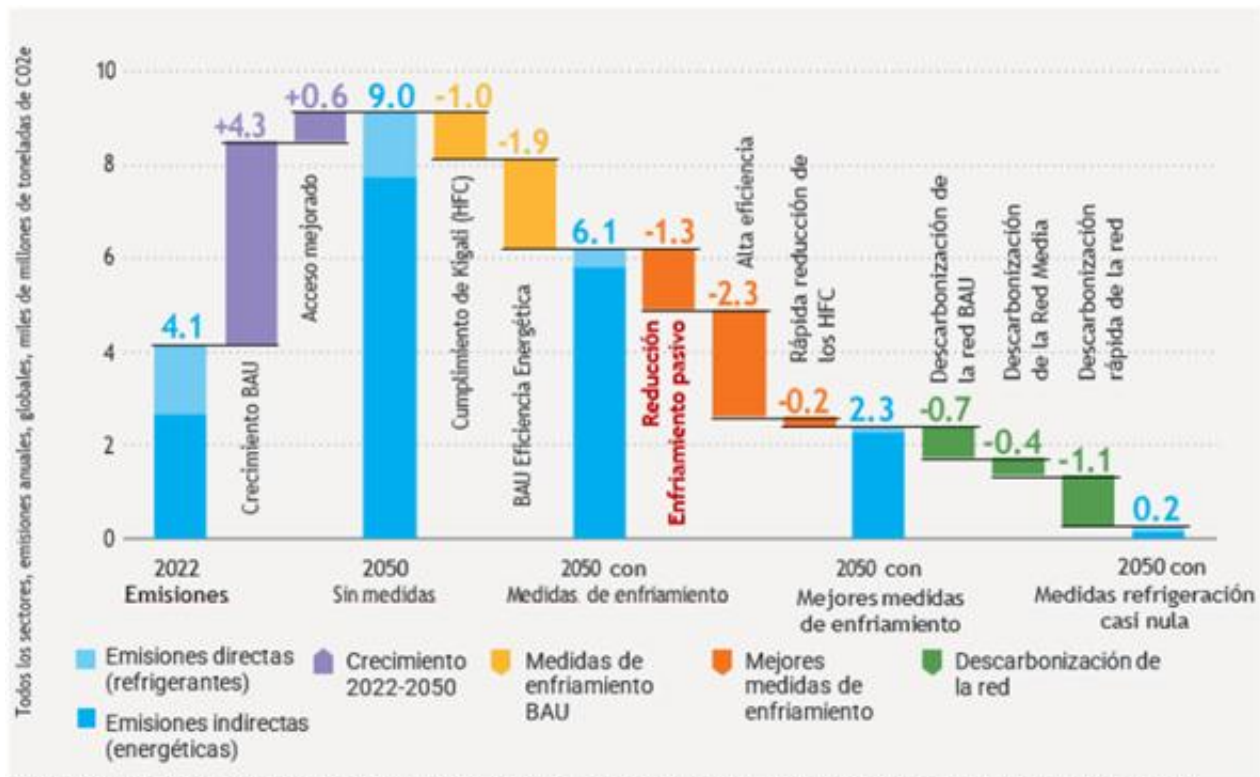
hecho de que irá en aumento a medida que se incremente la temperatura ambiente y sus consecuencias en el sobrecalentamiento espacial de las edificaciones, lo que además acarreará, primero un aumento en la demanda energética para fines de refrigeración. En segundo lugar, mayor estrés térmico con graves afectaciones a la salud de los pobladores, sobre todo aquellos con menores capacidades económicas para solventar la climatización de sus espacios habitables con equipos de acondicionamiento.

Sumado a lo anterior, debemos agregar que en el último informe de la COP28 (2023), los expertos estiman que se ha alcanzado un incremento de la temperatura promedio global de 1,1°C por encima de la media registrada en la era preindustrial, con una expectativa al alza de hasta 1,5°C a suceder entre el 2030 y el 2050 según los modelos predictivos, lo que elevará las temperaturas locales y la discomfortabilidad de los espacios para los usuarios. Por otra parte, las proyecciones sobre el aumento de la población mundial estiman que será alrededor de 1 500 millones de habitantes en los próximos 30 años con una alta concentración en las ciudades y produciéndose mayormente en los países más cálidos y poco desarrollados, ejerciendo una mayor demanda energética sobre todo para la generación de confortabilidad térmica por medio de la refrigeración estacional. En este sentido, la AIE (2023 b), prevé que serán cuatro los factores que interferirán en la demanda energética para refrigeración en los próximos 30 años: a) El cambio climático, b) El crecimiento de la población, c) El crecimiento de los ingresos (clase media), d) La urbanización de las ciudades.

Ante estos escenarios, la Cool Coalition del PNUMA (2025), plantea que se requiere hacer grandes esfuerzos para lograr una refrigeración sostenible basada en un cambio integral y sistémico, donde las partes involucradas asuman minimizar la demanda energética y las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de esta al mismo tiempo que se garantice el aumento del acceso a la refrigeración para las personas más vulnerables y de escasos recursos económicos. Este mismo informe presenta datos modelados mundiales de reducciones de carga energética y de emisiones generadas por enfriamiento tanto directas como indirectas en todos los sectores, incluida la refrigeración de espacios, la cadena de frío y la refrigeración



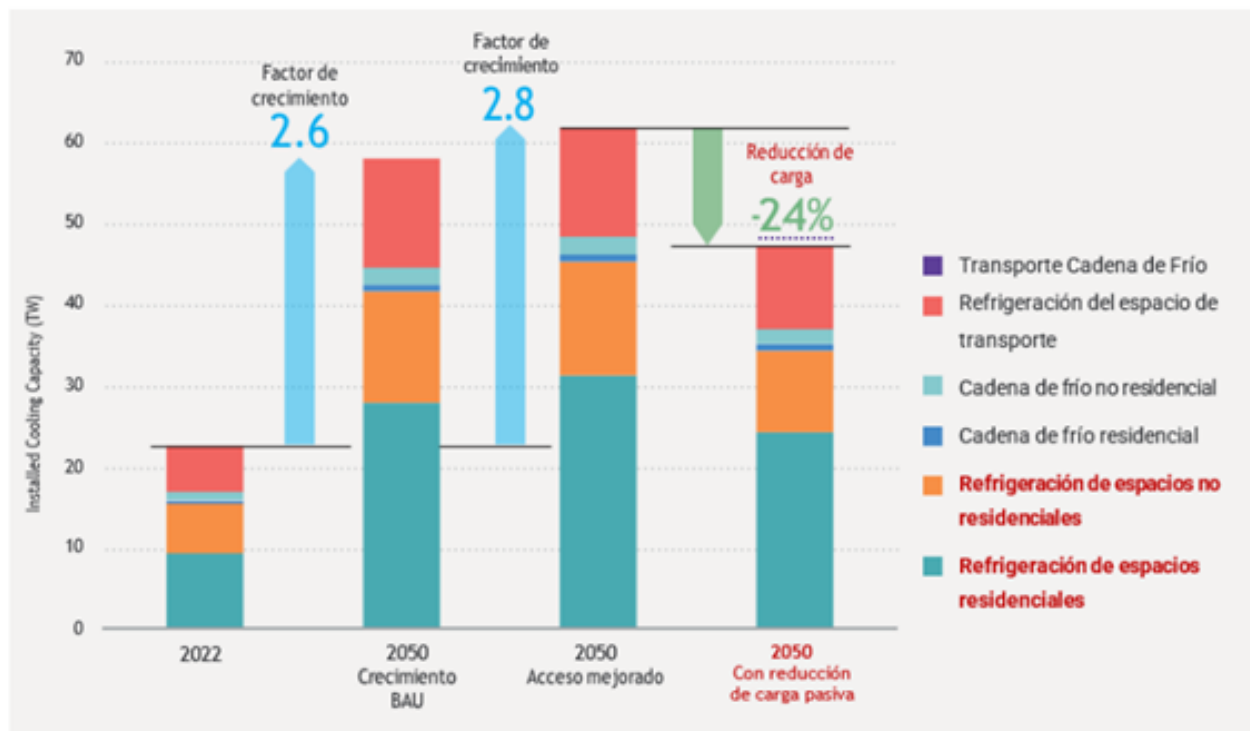
de alimentos, y el transporte refrigerado, al tiempo que considera las necesidades de acceso a la refrigeración y evalúa los beneficios de un enfoque integral y un camino hacia emisiones cercanas a cero como consecuencia de disminuir la demanda de carga energética. La figura 2 muestra las distintas disminuciones estimadas destacando la Reducción por Enfriamiento Pasivo de las Edificaciones en el orden de 1,3 mil millones de toneladas de eCO<sub>2</sub>.



Nota: Las barras azules muestran las emisiones en 2022 y 2050. Las barras moradas indican crecimiento. Las barras amarillas indican reducciones de emisiones de la medida de enfriamiento BAU. Las barras naranjas indican reducciones de emisiones de la Mejor Medida de Enfriamiento. Las barras verdes indican la reducción de emisiones debido a la descarbonización de la red eléctrica.

**FIGURA 2.** Camino global y pasos clave para lograr emisiones de GEI casi nulas provenientes del enfriamiento, 2022-2050. Fuente: UNEP-UN (2023).

En la figura 3 se presentan valores estimados de reducciones de carga en el orden del 24% siguiendo las estrategias antes mencionadas, destacándose las reducciones logradas por refrigeración de espacios residenciales y no residenciales.



**FIGURA 3.** Capacidad de refrigeración global en el 2022 y según tres escenarios de crecimiento hasta 2050. Fuente: UNEP-UN (2023).

En el escenario que muestra la figura 3, el stock de equipos de refrigeración aumenta su capacidad en un factor de 2.6, pasando de 22 TW en 2022 a 58 TW en 2050. Esto equivale a 16 mil millones de unidades de aire acondicionado tipo minisplit, suponiendo una capacidad típica de 3.5 kilovatios (kW). En este sentido,

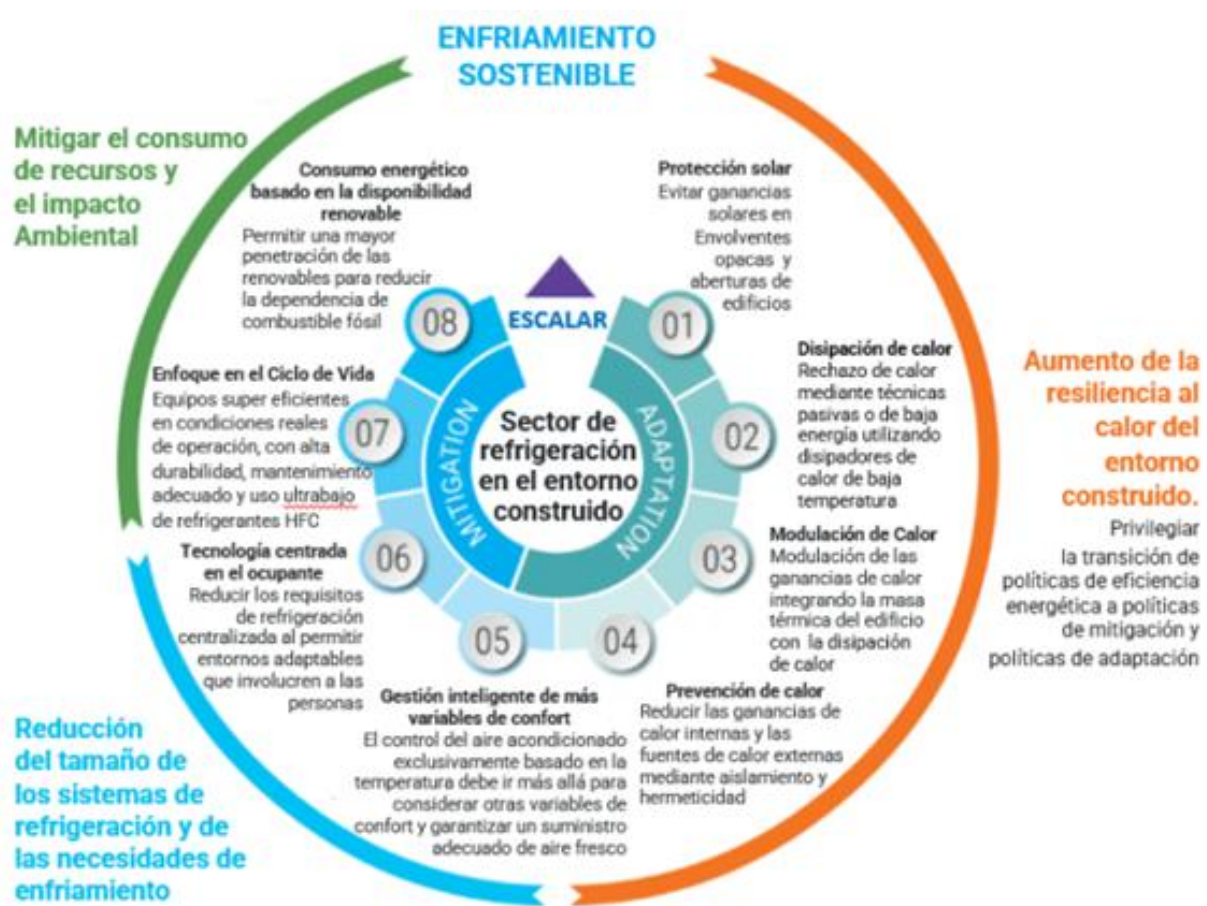
una significativa reducción de la carga energética, y más específicamente la vinculada a la refrigeración de los espacios en regiones cálidas requiere mejores prácticas constructivas y de selección de materiales para la envolvente térmica y espacios interiores, diseños pasivos mejor adaptados a las condiciones climáticas del entorno, y soluciones que consideren la incorporación de naturaleza y basadas en la naturaleza, las cuales aprovechan las funciones ecosistémicas para regular el microclima local, mejorar la calidad lumínica, del aire y del agua. Una propuesta que resulta interesante es el llamado *diseño biofílico* que entre otros aspectos incorpora humedales purificadores de agua y para intercambio térmico con el aire, y superficies vegetales sensibles al agua de lluvia para su purificación y aprovechamiento, permitiendo el desarrollo de biodiversidad, que todas juntas mejoran la percepción psicológica de los espacios, la productividad, el aprendizaje y minimizan el efecto de isla de calor de las ciudades.

Aunado a todo lo anterior, en el informe *Manteniéndolo frío* de la UNEP-UN (2023) (Figura 4), se expresa que "las medidas pasivas podrían reducir las cargas de refrigeración en un 24%, con ahorros en costos de inversión, costos de energía y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)". Así mismo, propone 8 pasos para la reducción de requerimientos energéticos para refrigeración, en los cuales se destacan en primer lugar cuatro categorías pasivas fundamentales de adaptación relacionadas con la envolvente térmica y sus ganancias radiactivas:

1. **Protección solar.** Bloquear la radiación solar, utilizar aplicaciones de microclima y aplicar medidas de control solar como sombra en acristalamiento y aperturas.
2. **Modulación del calor.** Utilizar materiales de construcción para capturar o desplazar las altas temperaturas hacia donde será requerido, o disipado.
3. **Disipación de calor.** Extraer calor de los edificios y eliminarlo en disipadores de calor con materiales y componentes en la envolvente, así como el aire, el agua o el cielo nocturno.
4. **Prevención de calor.** Colocar aislamientos o retardadores térmicos en la envolvente y disminuir la generación y ganancias de calor internas.



Las actuaciones en la construcción de edificaciones y espacios urbanos, requieren de un trabajo transdisciplinario, en el que participen profesionales de distinta índole como arquitectos, ingenieros, promotores, constructores, paisajistas, ecologistas, y otras partes involucradas, con una elevada conciencia sobre la situación que atraviesa el planeta; y como por medio de distintas actuaciones a nuestro alcance con las cuales podemos contribuir con la sostenibilidad haciendo más eficientes las edificaciones y disminuyendo las emisiones de GEI.



**FIGURA 4.** Pasos de acción recomendados para abordar las barreras al enfriamiento espacial sostenible. Fuente: UNEP-UN (2023).

Entre las medidas a asumir en las edificaciones energéticamente eficiente y sostenibles se contemplan:

Históricamente, la ventilación ha sido la tecnología de enfriamiento pasivo dominante, pero están evolucionando rápidamente nuevas innovaciones en medidas radiativas de materiales (como paneles radiantes) y técnicas de control solar.

Se debe tener muy presente la orientación óptima de acuerdo a un conocimiento preciso de la geometría solar y a las direcciones predominantes de los vientos; manejo adecuado de la compactidad y el factor de forma de la edificación para minimizar las ganancias térmicas y disminuir los requerimientos de volúmenes de aire a acondicionar; consideraciones de espacialidad y funcionalidad; envolventes optimizadas y diseño de fachadas; soluciones basadas en la naturaleza (como agregar vegetación y técnicas a base de agua); el uso de materiales frescos en superficies del suelo circundante y envolventes de edificios; considerar el factor de sombra sobre toda la envolvente opaca y transparente; generar sombra artificial a través de marquesinas, volados, parasoles, pérgolas, toldos y otros.

Aquí cabe mencionar que algunas metodologías de diseño en la arquitectura y urbanismo a nivel mundial inician con un estudio y evaluación de las manifestaciones arquitectónicas vernáculas y tradicionales con la intención de tomar referencias técnico constructivas que han sido desarrolladas por las poblaciones locales o regionales de manera empírica a lo largo de su historia, para así reinterpretarlas y aplicarlas bajo nuevos procedimientos. Esto gracias a su alto valor por las experiencias basadas en las buenas prácticas acumuladas generación tras generación, con alto valor en sus propuestas y soluciones a las condiciones climáticas locales.

Asumir el compromiso de la eficiencia energética en Venezuela desde el aspecto de confortabilidad térmica de las edificaciones es un requerimiento urgente, ya que es un país intertropical con alta predominancia de zonas climáticas cálidas secas, cálidas semi húmedas y cálidas húmedas, con alrededor del 83% de su territorio con una altimetría por debajo de los 1 000 m s.n.m., siendo la altitud

media de 218 m s. n. m. entre los 0 m s. n. m. en la costa caribeña y 4.978,4 ± 0,4 m s. n. m. en el Pico Bolívar, con temperaturas anuales promedio en las zonas cálidas predominantes entre los 26°C y 28°C, y con una amplitud térmica ascendente de alrededor de 4°C. En estos territorios se alcanzan a registrar temperaturas medias máximas alrededor de 32°C con picos máximo de hasta 38°C, es evidentemente un país en donde la mayoría de sus zonas climáticas se encuentran fuera del rango de confort durante al menos 5 horas diarias llegando a alcanzar hasta 9 horas diarias según la altimetría, estación del año, la pluviometría y humedad relativa, la frecuencia y velocidad de los vientos, y que es evidentemente similar en el interior de las edificaciones donde se acumulan altas temperaturas dado por las características constructivas de edificaciones sin provisiones de amortiguamiento y control térmico, debido a la falta de códigos de construcción que regulen el tratamiento de las envolventes para evitar las ganancias térmicas por radiación, y ocasionando un elevado estrés térmico.

En tal sentido, y siendo Venezuela un país carente de reglamentación y normativa constructiva sobre parámetros de confortabilidad de acuerdo a sus zonas climáticas y a los materiales a ser utilizados en las construcciones para garantizar un adecuado comportamiento de la envolvente térmica en función a la confortabilidad deseada, el nulo uso de materiales aislantes o de suficiente retardo térmico y el escaso manejo de estrategias bioclimáticas y de diseños basados en la naturaleza, ha hecho imprescindible para la mayoría de las poblaciones del país, el uso de equipos de climatización mecánicos con la finalidad de alcanzar los niveles mínimos de confortabilidad durante las horas más calurosas del día y durante todos los días del año, lo que ocasiona enormes consumos energéticos con elevadas emisiones de GEI.

Según López (2019), Venezuela cuenta con una capacidad instalada de generación eléctrica de 36 561 Megavatios (MV) de los cuales solo 13 799 MV se encuentran disponibles dado el deterioro de la infraestructura, siendo esta generación discriminada de la siguiente manera: Térmica instalada 19 500 y disponible 4 290 MV (Vapor, Ciclo combinado, Motogenerador, Turbogas, Distribuida); Hidroeléctrica instalada 16 905 MV y disponibles 9 500 MV; otras instaladas 96

MV y disponibles 9 MV. De esta se consumió en 2019: 55% en el sector residencial, 22% en el sector industrial, 8% en el sector comercial, 12% en el sector oficial, 3% en otros sectores. Cabe destacar que solo en el sector de oficinas el 46% del consumo energético se atribuye a acondicionamiento climático para refrigeración (CAVEINEL, 2000), y aunque no se tienen datos precisos por falta de mapeos específicos, el porcentaje de consumo energético para refrigeración es mucho más elevado en el sector residencial.

Ante tales condiciones, en Venezuela se requiere de un gran esfuerzo para sensibilizar a los administradores gubernamentales, a profesionales y promotores del sector de la construcción, y a la población en general, sobre la necesidad de abordar la construcción de las edificaciones con conciencia sostenible de alta eficiencia energética incluso con la aplicación de conceptos como el de edificios de Energía Neto Cero. Esta presenta parámetros para su abordaje desde los conceptos pasivos con la aplicación de una arquitectura óptima con visión integral, sistémica y sinérgica, que sea adecuada, inteligente e integradora de aspectos como la bioclimática, el diseño biofílico o basado en la naturaleza, la arquitectura de fachadas y materiales para minimizar las ganancias en la envolvente térmica, el uso de tecnología informática de registro, seguimiento y control de los consumos energéticos, hasta la aplicación de modelos de simulación con inteligencia artificial para proponer edificaciones con los mejores desempeños energéticamente eficientes posibles para cada contexto.

En este sentido, cobra importante relevancia en Venezuela, acometer proyectos de investigación en el uso de materiales y componentes constructivos, como por ejemplo: materiales energéticamente eficientes y sostenibles que garanticen un adecuado retardo térmico y la disipación del calor acumulado por medio de enfriamientos convectivos diurnos y nocturnos, la aplicación de dobles fachadas ventiladas, y el uso de materiales aislantes incorporados en materiales y componentes usados en la envolvente térmica, diseño de protecciones solares, y el uso de la mejor tecnología disponible para alcanzar altos estándares de sostenibilidad y circularidad para lograr llevar al sector de la construcción a



estándares de alta eficiencia energética y de emisiones de carbono cercanas a cero o neto cero.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIE.** (2023a). Space cooling. Agencia Internacional de Energía (AIE). <https://www.iea.org/energy-system/buildings/space-cooling>
- AIE.** (2023b). Building envelopes tracking. Agencia Internacional de Energía (AIE). <https://www.iea.org/energy-system/buildings/space-cooling>
- Beyond Foundations.** (2024). Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector. Global Status Report for Buildings and Construction. UN Environment Programme, Global Alliance for Buildings and Construction. Job number: CLI/2621/NA.
- CAVEINEL.** (2000). Estadísticas del sector eléctrico venezolano. Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica (CAVEINEL). <https://www.ariae.org/servicio-documental/estadisticas-del-sector-electrico-venezolano>
- COP28.** (2023). Informe Final. CEOE. Industria, Energía, Medio Ambiente y Clima. <https://www.ceoe.es/es/publicaciones/sostenibilidad/cop28-informe-final-resultados-y-conclusiones>
- López, Johnny G.** (2019). Solo 38,2% de la capacidad de generación eléctrica en Venezuela está funcionando. Editorial La República. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/solo-38-2-de-la-capacidad-de-generacion-electrica-en-venezuela-esta-funcionando-2838297>
- PNUMA.** (2025). Cool Coalition. [https://www.unep-org.translate.google.com/topics/cities/cooling-and-heating-cities/cool-coalition?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=sge#:~:text=The%20Cool%20Coalition%20aims%20to,to%20the%20Global%20Cooling%20Pledge](https://www.unep-org.translate.google.com/topics/cities/cooling-and-heating-cities/cool-coalition?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=The%20Cool%20Coalition%20aims%20to,to%20the%20Global%20Cooling%20Pledge)
- UNEP-UN.** (2023). Keeping it chill. How to meet cooling demand, while cutting emissions. UN Environment Programme, Global Cooling Watch. <https://www.unep.org/news-and-stories/speech/keeping-it-chill-how-meet-cooling-demands-while-cutting-emissions>