

Aplicación del concepto de exergía a los edificios de energía casi nula

Mario Fernández. Arquitecto

Resumen: Se discute en esta comunicación la conveniencia del uso del concepto de exergía en el análisis energético de los edificios. Así, tras explicar el concepto de exergía y la diferencia con el de energía, se utiliza éste para diferenciar la calidad de la energía, para estudiar las diferentes formas de intercambio de energía de los edificios con su entorno y para establecer un criterio en cuanto al uso de energía, en función de su calidad. Se desarrolla el concepto de edificio de baja exergía y se estudian los sistemas de baja exergía, explicando en qué consisten, cuáles son y qué ventajas presentan.

Área temática: Sistemas y Tecnologías en el EECN.

Palabras clave: exergía, energía, calidad de la energía, edificio de baja exergía, sistemas de baja exergía.

1. INTRODUCCIÓN

La Directiva 2010/31/UE de la Unión Europea, relativa a la eficiencia energética de los edificios, obliga a que, a partir del año 2020, todos los edificios de nueva construcción tengan un consumo de energía casi nulo; sin embargo, deja a criterio de cada Estado la definición precisa de este concepto. Por ello, cada Estado miembro tiene la obligación de fijar un estándar de consumo energético dentro de su territorio: passivhaus, minergie, son los dos más conocidos y que en este momento están teniendo una mayor repercusión.

Sin embargo, es necesario que, de forma previa a la definición y aplicación de un estándar, lleguemos a comprender los principios que rigen el consumo y el intercambio de energía en los edificios.

2. OBJETIVO

El objetivo de esta comunicación es, en primer lugar, explicar cómo el concepto de exergía puede ser de utilidad a la hora de entender los edificios como dispositivos energéticos capaces de captar, almacenar y transferir energía con su entorno; en segundo lugar, estudiar los sistemas energéticos de los edificios desde el punto de vista de la exergía. De esta forma, seremos capaces de dar respuestas adecuadas relativas al consumo energético de nuestros edificios.

3. EL CONCEPTO DE EXERGÍA

La exergía es la capacidad de la energía para producir trabajo útil; es, en cierta manera, una medida de la calidad de la energía. También se puede entender, de forma negativa, como una medida del desperdicio de energía.

De acuerdo con el primer principio de la termodinámica, la energía, en un sistema cerrado, permanece constante: puede transformarse de una forma a otra, pero no crearse ni destruirse. Tradicionalmente, el estudio de la energía en los edificios se ha hecho con este único enfoque.

Desde este punto de vista, no tiene sentido hablar de ahorro o de consumo de energía. Este enfoque nada nos dice, sin embargo, sobre la irreversibilidad de los procesos de conversión de energía, que se producen en una única dirección, causando pérdida o disipación de energía útil. Es necesario, por tanto, incorporar el segundo principio de la termodinámica, según el cual en cada proceso de transformación se genera entropía, que sería la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo.

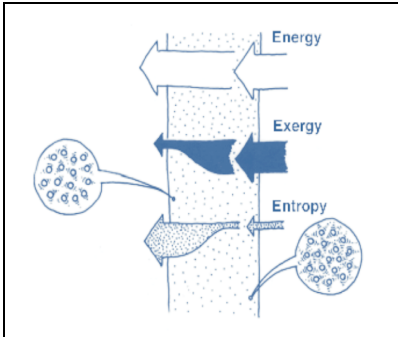


Figura 1. Flujo de energía, exergía y entropía. El flujo de energía es constante (primer principio de la termodinámica), la entropía aumenta (segundo principio de la termodinámica); por lo tanto, la exergía disminuye.

La formulación de la exergía es: Exergía consumida=Entropía generada x Temperatura entorno.

Es decir, la exergía que se consume en un determinado proceso es proporcional a la entropía que se genera y a la temperatura del entorno. En la figura 2 vemos cómo la exergía depende de la diferencia de temperatura entre el sistema y su entorno.

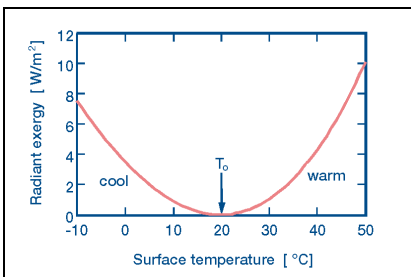


Figura 2. Variación de la exergía en función de las diferencias de temperatura.

El concepto es diferente del de energía, tanto desde un punto de vista científico, como desde un punto de vista práctico, puesto que el concepto de exergía incluye la relación de un sistema con su entorno; en realidad, es la medida del desequilibrio de dicho sistema.

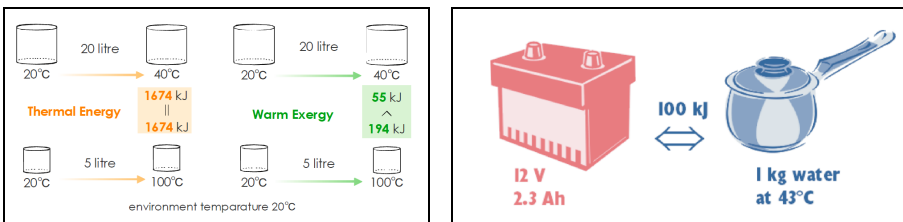


Figura 3. Los dos sistemas tienen la misma cantidad de energía, pero no de exergía: está depende del tipo de energía (derecha) y de la diferencia de temperatura (izquierda).

La utilización del concepto de exergía permite, por tanto, hacer evaluaciones más precisas y comprender mejor los flujos de energía, y ofrece un mayor potencial para el ahorro de energía que el enfoque convencional basado sólo en la cantidad de energía y en la energía primaria.

También es útil para distinguir la calidad de distintos tipos de energía, en función de su capacidad de producir trabajo útil. Así, nos encontramos con:

- Energía de alto valor: combustibles fósiles, electricidad, con capacidad de producir trabajo útil y de convertirse en otras formas de energía.
- Energía de poco valor (“low-valued energy”): el calor de un fluido o el calor del suelo.











Sources	Quality	Uses
 <p>Oil Coal Uranium (fossil fuels)</p> <p>Wind energy</p>	 <p>High</p> <p>Medium</p> <p>Low</p>	<p>Lighting</p>  <p>Electrical appliances</p> 
 <p>High temp waste heat, e.g. from industrial processes (200°C)</p>		<p>Cooking</p>  <p>Washing machine</p> 
 <p>Low temp. waste heat, e.g. from CHP (50-100°C)</p> <p>Ground heat</p>		<p>DHW</p>  <p>Space heating</p> 

Figura 5. Clasificación de tipos de energía según su calidad.

4. EL EDIFICIO COMO INTERCAMBIADOR DE ENERGÍA

La inclusión de la variable del entorno en el concepto de exergía, aplicado a la edificación, nos lleva a considerar a cada edificio como un sistema termodinámico capaz de captar, almacenar e intercambiar exergía con su ambiente, considerando la totalidad de los flujos energéticos en que están inmersos los edificios.

Atendiendo a las variaciones que se producen en ese sistema, se pueden identificar las formas básicas de intercambio, con el objetivo de obtener un aprovechamiento directo de las condiciones térmicas e higrométricas del medio:

- Salto térmico estacional: aprovechar la inercia del terreno como interacumulador estacional.
- Salto térmico diario: aprovechar la inercia del edificio como interacumulador diario.
- Radiación solar directa y difusa: calentamiento de agua / aire.
- Intercambio con el aire: climatización por ventilación natural / nocturna con recuperación de calor, free cooling.
- Intercambio con el terreno: climatización por intercambio geotérmico.
- Pérdidas por conducción y radiación desde el edificio hacia el exterior.

Normalmente, en los edificios la temperatura de confort se sitúa en torno a 20-25°C. Como hemos visto, la exergía necesaria para conseguir esta condición depende de la temperatura del entorno; en este caso, la diferencia de temperatura con los sistemas de intercambio disponibles en el entorno es muy baja, no más de 10-15°C para temperaturas medias de nuestro país, por lo que la demanda de exergía es también muy baja.

Por lo tanto, para realizar un uso eficiente de la energía, debemos ajustar el tipo o la calidad de la energía al tipo de demanda: uso de fuentes de energía próximas y renovables, disponibles en el entorno de forma inmediata, reservando el uso de fuentes de energía de alta calidad para procesos de transformación que requieran este tipo de energía (normalmente procesos industriales).

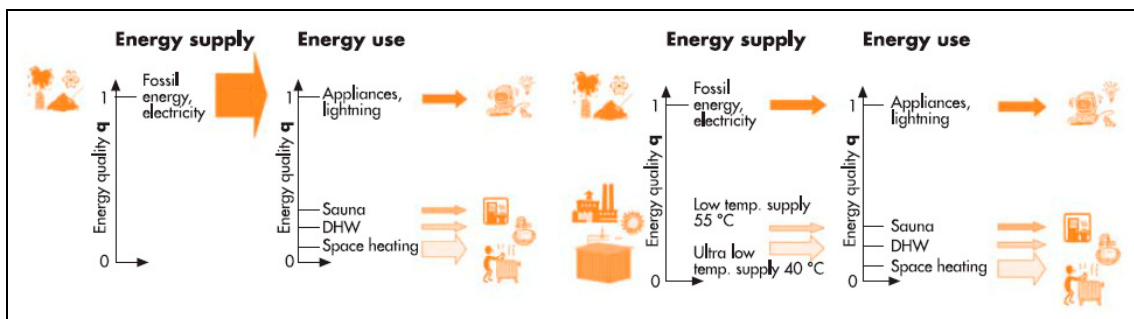


Figura 6. Suministro de energía por medio de fuentes convencionales de forma indiferenciada (izquierda); suministro de energía de diferentes calidades adaptadas a cada uso (derecha).

Se trata de utilizar el concepto de exergía para optimizar la estrategia en el consumo de energía de los edificios, potenciando al máximo la componente útil de la energía –exergía-, considerando el edificio y su entorno como dispositivos de energía inerciales. De acuerdo con esta idea, los principios de diseño recomendados para un considerar un edificio de baja exergía serían:

- Reducir cargas térmicas por medios pasivos.
- Incorporar sistemas de climatización de baja exergía.
- Incorporar fuentes de energía renovables disponibles en el entorno próximo.
- Evitar el uso de fuentes de combustible fósiles y limitar la electricidad únicamente a aparatos eléctricos.

Vemos, pues, que el alcance del concepto de edificio de baja-exergía, “low-exergy building”, va más allá del enfoque de la vivienda pasiva, en el sentido de que no solamente trata de minimizar la demanda de energía, sino potenciar el uso eficiente de la energía, por medio de fuentes energéticas de baja calidad, renovables y disponibles en el entorno, evitando al mismo tiempo las limitaciones en cuanto al alto consumo de energía embebida y la rigidez de diseño de los estándares de casas pasivas.

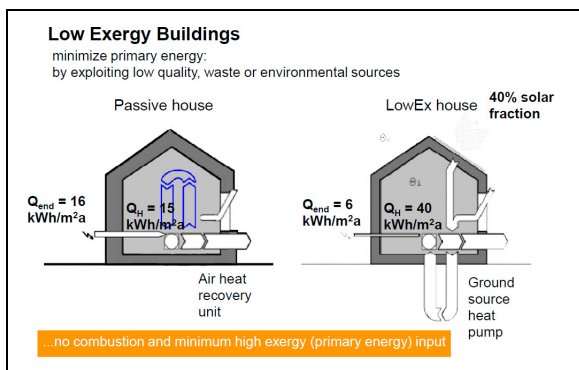


Figura 7. El enfoque “low-exergy building”: uso de fuentes de energía de baja calidad disponibles en el entorno inmediato.

5. SISTEMAS DE BAJA EXERGÍA

El análisis exergético es también una herramienta importante en el diseño de sistemas de climatización, pues proporciona información adicional sobre las pérdidas y la disipación de exergía, su localización, cuantificación y su causa, a lo largo de todo el proceso de suministro de energía.

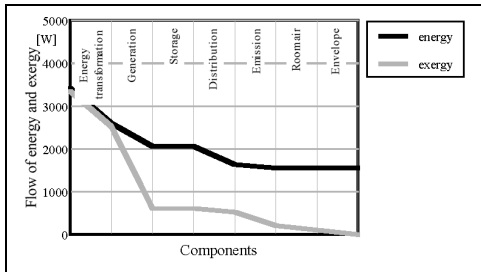


Figura 9. Comparación del flujo de energía y de exergía a través de todo el proceso de suministro de energía. Vemos la cantidad de exergía que se desperdicia, especialmente en los procesos de alto poder calorífico (generación de calor por medios convencionales), lo que no se pone de manifiesto con el enfoque energético tradicional.

Es recomendable, por lo tanto, el uso de sistema de baja exergía, en los que la temperatura de suministro sea lo más próxima posible a la temperatura de confort; de esta forma, el consumo de exergía será menor, al serlo la diferencia de temperaturas. Entre los sistemas de baja exergía, se encuentran:

- Intercambio geotérmico con el terreno, por medio de sistemas de agua o de aire.
- Paneles solares, térmicos y fotovoltaicos o mixtos.
- Calor residual procedente de procesos industriales, o del uso de agua caliente.
- Sistemas de difusión con amplias superficies de intercambio: paredes, techos y suelos radiantes.
- Componentes estructurales termoactivados: pilotes, losas, muros, que además aprovechan la inercia térmica del componente.
- Depósitos de inercia para almacenar calor, o, aprovechando el salto térmico diario, para disipar calor por las noches.
- Materiales de cambio de fase, aprovechando el calor latente de estos materiales.

El uso de sistemas de climatización de baja exergía presenta las siguientes ventajas:

- Utilizan energía de baja calidad “low-valued energy”, que se puede proporcionar con energías renovables, disponibles en el entorno inmediato, y con energía procedente de fuentes residuales de calor.
- Tienen una mayor eficiencia en el uso de la energía, pues aprovechan diferencias mínimas de temperatura, un mejor rendimiento de calderas y bombas, menores pérdidas de calor, al circular a temperaturas más próximas a las del entorno, y una mejor tasa de intercambio de las superficies radiantes.
- Reducen el consumo de energía.
- Proporcionan mejores condiciones de confort: temperatura de superficies más cercana a la del cuerpo humano, distribución más equilibrada del gradiente de temperatura, mejor calidad del aire circulante.
- Son sistemas flexibles, pues pueden abastecerse con una gran variedad de fuentes de energía.

6. CONCLUSIONES

Por medio de la aplicación del concepto de exergía, podemos aprender a gestionar de forma adecuada el intercambio de exergía de un edificio con el medio, así como aprender a valorar la calidad de la energía. De esta forma, podremos adecuar el tipo de energía que consumimos al tipo de demanda.

Para ello, utilizaremos el concepto de edificio de baja exergía, como aquél que, además de minimizar la demanda de energía, utiliza fuentes energéticas de baja calidad, renovables y disponibles en el entorno de forma inmediata.

Por último, y de cara a mejorar la eficiencia en el uso de la energía, y reducir el consumo, se recomienda el uso de sistemas de climatización de baja exergía, que además proporcionan mejores condiciones de confort.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALA-JUUSELA, MIA y SCHMIDT, DIETRICH (2004): “Low Exergy Systems for Heating and Cooling of Buildings”. 21st Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven.

GOFFIN, PHILIPPE et al. (2011): “Analyzing the Potential of Low Exergy Building Refurbishment by Simulation”. Proceedings of Building Simulation. 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. Sidney.

PEREDA, LUIS (2011): “Geotermia y Sistemas Inerciales y Termoactivos en la Edificación”. ACT6 Energías Renovables en los Edificios. Instituto de Arquitectura, COAM.

SCHMIDT, DIETRICH (2004): “Methodology for the Modeling of Thermally Activated Building Components in Low Exergy Design”. Doctoral Thesis. The Royal Institute of Technology, Department of Civil and Architectural Engineering, Division of Building Technology. Stockholm.

SCHMIDT, DIETRICH (2006): “Designing Low-Exergy Buildings”. Fraunhofer Institute for Building Physics. Kassel.

SHUKUYA, MASANORI y HAMMACHE, ABDELAZIZ (2002): “Introduction to the Concept of Exergy for a Better Understanding of Low-Temperature-Heating and High-Temperature-Cooling Systems”. IEA ECBCS Annex 37: Low Exergy Systems for Heating and Cooling of Buildings.

“Heating and Cooling with Focus on Increased Energy Efficiency and Improved Comfort”. IEA ECBCS Annex 37. Low Exergy Systems for Heating and Cooling Buildings Guidebook. 2004.

“Detailed Exergy Assessment Guidebook for the Built Environment”. IEA ECBCS Annex 49. Low Exergy Systems for High Performance Buildings and Communities Final Report. 2010

“Towards Sustainable Architecture”. Musashi Institute of Technology. 2005 World Sustainable Building Conference. Tokyo.