



Centre de Cooperació per
al Desenvolupament. CCD

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



Los flujos de energía en la edificación

Albert Cuchí

Universidad Politécnica de Cataluña

Diplomado internacional

Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para
comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas

Universidad Autónoma de Chiapas

Tuxtla Gutiérrez, 24 de enero del 2003

La energía es un factor determinante en la consideración de la sostenibilidad. Cualquier transformación física, sea movimiento, sea conformación o sea calidad de la materia, implica el uso de energía para poder producirla, lo que incide en que tanto la extracción de recursos, su transformación en productos, la recuperación de los residuos, y su reciclado de nuevo en recursos, o sea el cierre del ciclo completo de los materiales, exige el uso de energía para producir las transformaciones y los desplazamientos que ese ciclo exige.

En tanto indispensables para el manejo y transformación de materiales, el uso de energía lleva implícito el concepto de impacto, de incidencia sobre el entorno, de su alteración, y en ese sentido su uso nos alerta sobre los lugares y procesos en que se actúa sobre el medio.

Por otra parte, y como ya se ha visto a lo largo del curso, los tipos de energía predominantes en nuestro sistema técnico se obtienen de la energía química disponible en determinados materiales, sean combustibles fósiles o nucleares, a los cuales debe aplicarse la condición de cerrar el ciclo para resultar sostenibles. Esa condición perturba de forma radical la disponibilidad de esos materiales de forma que su accesibilidad queda muy condicionada y su papel, en un sistema técnico sostenible, resultaría prácticamente marginal frente a las fuentes de energía de menor huella ecológica como el aprovechamiento directo de la radiación solar o sus derivados eólicos o hidráulicos.

El uso de ingentes cantidades de esos materiales genera impactos ambientales que resultan a escala global y destacan entre los más importantes que afectan al actual metabolismo planetario. Las emisiones de CO₂ por la quema de combustibles fósiles y su afectación sobre el clima de la Tierra, hoy día aceptado científica y políticamente por las instituciones internacionales, son un importante problema pero no el único que está asociado al uso de esos materiales: la acidificación de suelos, la formación de 'smog', la emisión de metales pesados, la emisión de calor, la generación de materiales radiactivos y otros impactos son causados por los residuos liberados por la utilización de esos materiales, a los que hay que sumar los vertidos al medio ocasionados por su trasiego a lo largo de distancias considerables en todo el orbe en uno de los tráficos materiales más intensos y peor regulados del planeta.

Esta dependencia de nuestra sociedad de fuentes energéticas inadaptadas a un modelo técnico sostenible, caracteriza el consumo energético como un indicador de insostenibilidad a través de una magnitud continua, mensurable y utilizada en cualquier tipo de proceso técnico.

La unidad en el sistema internacional para la medida de la energía es el Joule, que equivale a la energía precisa para desplazar un kg de masa en una longitud de un metro con una aceleración de 1 m/seg²

$$1 \text{ J (Joule)} = 1 \text{ kg m}^2/\text{seg}^2$$

$$1 \text{ MJ (MegaJoule)} = 1,000 \text{ kJ} = 1,000,000 \text{ J}$$

Otras unidades utilizadas ordinariamente para medir la energía son el kiloWatt-hora y la kilocaloría

$$1 \text{ W (Watt)} = 1 \text{ J/seg}$$

$$1 \text{ Wh} = 3,600 \text{ J} = 3.6 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kWh} = 3.6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ kcal (kilocaloría)} = 4.16 \text{ kJ}$$

Para tener una idea sobre las magnitudes de energía precisas para diferentes procesos, la tabla siguiente muestra algunos valores que pueden servir de referencia:

| | |
|--|--------------|
| energía precisa diariamente para alimentar a una persona (energía endosomática) | 10 MJ |
| energía obtenida de la combustión de un litro de gasolina | 40 MJ |
| energía que utiliza diariamente una persona en sus actividades (energía exosomática) en promedio mundial | 200 MJ |
| energía que utiliza diariamente un ciudadano de los USA | 1,000 MJ |
| energía que se puede obtener de un barril de petróleo (160 litros) | 6.000 MJ |
| energía consumida en combustible en un vuelo entre Nueva York y San Francisco | 1.400.000 MJ |

¿Cuál es el uso de los materiales energéticos en la edificación? ¿Cómo se produce su consumo en el tiempo en las diferentes fases del proceso de construcción y uso de las edificaciones? ¿Qué posibilidades de cambio hacia otras fuentes de energía más acordes con el desarrollo sostenible existen?

El primer consumo energético a considerar es la energía invertida en la fabricación de los materiales con los cuales construimos las edificaciones.

Cada uno de los materiales ha sufrido un proceso de extracción de las materias primas, transporte hacia los centros de transformación, procesos de conformación, distribución y comercialización. Aunque cada paso implica el consumo de energía, por lo general los procesos de extracción y de transformación, y en concreto los que implican cocción a elevadas temperaturas de la masa del material, son los momentos realmente significativos desde el punto de vista energético.

Es preciso, por tanto, conocer la energía invertida en la fabricación de cada material, de cada kilogramo de cada material que interviene en la edificación. Y también precisamos saber cuántos kilogramos de cada material hay en esa edificación. Hacen falta, por tanto, dos tipos de información complementaria: energía por unidad de material y el escandallo de materiales.

La tabla siguiente recoge la energía invertida en la fabricación de los materiales de construcción usuales en Catalunya.

CONTENIDO ENERGETICO DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN CATALUNYA

| | |
|--------------------------|-----------|
| GRAVA..... | 0,1 MJ/KG |
| ARENA | 0,1 MJ/KG |
| HORMIGÓN..... | 1 MJ/KG |
| FÀBRICA DE LADRILLO..... | 2,8 MJ/KG |
| MADERA ASERRADA..... | 3 MJ/KG |
| YESO..... | 3,3 MJ/KG |
| LADRILLO..... | 4,5 MJ/KG |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| TA BLERO CONTRACHAPADO..... | 5 MJ/KG |
| CEMENTO..... | 7,2 MJ/KG |
| ASFALTO..... | 10 MJ/KG |

| | |
|-------------------------|----------|
| TABLERO AGLOMERADO..... | 14 MJ/KG |
| VIDRIO..... | 19 MJ/KG |
| PINTURA PLASTICA..... | 20 MJ/KG |
| FIBRA DE VIDRIO..... | 30 MJ/KG |
| ACERO..... | 43 MJ/KG |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| POLIURETANO..... | 70 MJ/KG |
| POLIETILENO..... | 75 MJ/KG |
| POLIPROPILENO..... | 77 MJ/KG |
| PVC..... | 80 MJ/KG |
| COBRE..... | 90 MJ/KG |
| PINTURA (ESMALTES)..... | 100 MJ/KG |
| POLIESTIRENO EXPANDIDO..... | 100 MJ/KG |
| NEOPRENO..... | 120 MJ/KG |
| ALUMINIO..... | 160 MJ/KG |

Fuente: Guia de l'Edificació Sostenible (1999)

Falta conocer qué cantidad de cada tipo de material está presente en cada unidad de edificación, cuántos kilogramos de cada material se invirtieron para construir cada metro cuadrado de edificio.

La siguiente tabla recoge el escandallo de materiales presentes en la edificación catalana obtenidos de un estudio estadístico sobre los proyectos visados en el Colegio de Arquitectos de Catalunya durante los últimos tres años, y reducido a peso de materiales por m2 construido, con su repercusión final en el consumo energético. El listado de materiales no es idéntico al de la tabla anterior cuanto el objetivo del trabajo era proporcionar información para establecer una política de etiquetaje ambiental para productos de la construcción, pero está suficientemente referenciada como para obtener datos sobre el total de energía invertida por metro cuadrado de edificación.

CANTIDADES DE MATERIALES EN EDIFICACIÓN EN CATALUNYA POR M2 CONSTRUIDO

1 m2 de edificio pesa 2,654 kg y supone una inversión total de 9,070 MJ de energía primaria

| material | peso | %peso | %energía |
|------------------|----------|---------|----------|
| GRANULADOS | 1,490 KG | 53.37 % | 3.33 % |
| CERÁMICA | 557 KG | 19.97 % | 27.08 % |
| CEMENTO | 192 KG | 6.90 % | 10.95 % |
| MORTERO PREF. | 132 KG | 4.72 % | 5.88 % |
| CAL | 51 KG | 1.83 % | 2.80 % |
| HORMIGÓN PREF. | 38 KG | 1.37 % | 1.66 % |
| ACERO (REDONDOS) | 35 KG | 1.25 % | 17.31 % |
| MADERA | 17 KG | 0.61 % | 1.37 % |

| | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|
| CERÁMICA LIGERA | 15 KG | 0.53 % | 0.73 % |
| TERRAZO | 14 KG | 0.51 % | 0.89 % |
| ARCILLA EXPANDIDA | 14 KG | 0.50 % | 0.70 % |
| ACERO GALVANIZADO | 13 KG | 0.47 % | 5.85 % |
| YESO | 12 KG | 0.45 % | 0.18 % |
| ... | | | |
| ALUMINIO LACADO | 2.5 KG | 0.08 % | 5.71 % |
| ADITIVOS | 4.8 KG | 0.13 % | 3.77 % |
| PVC | 2.0 KG | 0.07 % | 1.74 % |
| ALUMINIO ANODIZADO | 0.5 KG | 0.02 % | 1.25 % |

Fuente: CIES (Centre d'Iniciatives per a l'Edificació Sostenible) con financiación de la Generalitat de Catalunya

De la lectura de la tabla puede inferirse el predominio en peso de los granulados y piedras artificiales, que suponen más del 80% en peso, aunque no resulte de ellos ni el 50% de la repercusión en consumo energético debido a la fabricación de materiales, mientras hay otros materiales que multiplican por 50 su repercusión energética respecto al porcentaje de peso que representan.

El segundo consumo energético importante en la edificación es el que se producirá durante el uso del edificio.

En una vivienda, por ejemplo, el consumo a considerar es el consumo de energía ligado a las actividades consideradas 'normales' en la casa. Estas actividades 'normales' pero, se entienden como una referencia más o menos indirecta a las prestaciones que el edificio, como arquitectura, procura a sus ocupantes.

Una parte de este consumo se puede referir directamente a los servicios que el edificio procura en tanto que refugio, en tanto que espacio habitable. Así, el condicionamiento térmico, entendido como el mantenimiento de una franja de temperaturas del aire compatibles con la actividad de los usuarios en las diferentes épocas del año, la ventilación para mantener la adecuada pureza del

aire, o el nivel de iluminación suficiente para esas actividades, se considerarían servicios propios del edificio, expresiones de su funcionalidad y, por tanto, si su consecución implica el consumo de determinado tipo y cantidad de energía, ésta sería directamente imputable al edificio en tanto está relacionado con su funcionalidad.

Otros consumos energéticos del edificio, como el consumo energético para la cocina, la higiene personal o el lavado de ropa y vajilla, están tan ligados al uso tradicional de nuestras viviendas que puede resultar inadecuado considerarlos ajenos a los servicios funcionales propios del edificio, aunque deberíamos afectarlos a la mecanización que el concepto moderno de confort ha introducido en la casa. Así, el consumo de los aparatos domésticos es una responsabilidad del edificio en tanto éste ha asumido la instalación y dotación de conexiones a una red de distribución de energía -ya sea eléctrica, de gas o de combustible líquido- como una parte indispensable del servicio que presta, todo que resulte ya muy lejano el destino original de esa conexión que era cubrir las necesidades de iluminación.

El consumo de una vivienda estándar de 100 m², con una ocupación familiar estándar y un uso continuado a lo largo del año supone, en Catalunya, unos 12,000 kWh anuales de energía (43.200 MJ), con unas emisiones asociadas de CO₂ de unas 3 toneladas, distribuidas por tipo de consumos del siguiente modo:

| | | |
|-------------------------|-----------|-----------|
| CALEFACCIÓN | 5.000 kWh | 1 T CO2 |
| AGUA CALIENTE SANITARIA | 3.200 kWh | 0,6 T CO2 |
| COCINA Y HORNO | 1.100 kWh | 0,2 T CO2 |
| ELECTRODOMÉSTICOS | 2.100 kWh | 1 T CO2 |
| ILUMINACIÓN | 600 kWh | 0,3 T CO2 |

Fuente: ICAEN (Institut Català de l'Energia)

Si para construir esa vivienda se invirtió energía en cada metro cuadrado por un monto de 9,000 MJ, se consumió un total de 900,000 MJ de energía para edificarla. Si consideramos que la vida útil de esa vivienda sea de 60 años, el consumo energético que deberemos repercutir por cada año de uso de la vivienda por los gastos energéticos de su construcción será de 15,000 MJ. Frente a ello, el consumo energético debido al uso del edificio supone 43,200 MJ, eso es, tres veces más.

En total, y para una vivienda estándar en Catalunya, el flujo de energía anual preciso para su construcción y mantenimiento es de 58,200 MJ, equivalente a la energía proporcionada por unos 1,400 litros de gasolina.

¿Qué estrategias podemos implementar para dirigirnos hacia la sostenibilidad de esa vivienda, para cerrar los ciclos abiertos por el uso de combustibles fósiles para obtener esa cantidad de energía? ¿Hasta que valores podemos llegar hoy en día de una forma plausible?

En lo que hace referencia al consumo de energía en el uso de la edificación, dos son las estrategias:

- la eficiencia en el uso de la energía
- la sustitución por fuentes de energía sostenibles

La eficiencia en el uso de la energía, a través de la mejora de las prestaciones del edificio en cuanto a aislamiento térmico, eficiencia de las instalaciones de combustión y distribución de calor o frío ya desde su diseño, etc. así como en la elección de aparatos eficientes -frigoríficos, lavadoras, lámparas...- ya disponibles en el mercado a precios razonables, permite una disminución del consumo de energía muy considerable.

En realidad, la mayor cantidad de energía que incide en el edificio es la energía que se encuentra en el ambiente exterior, sea en forma de calor atmosférico sea en forma de radiación solar. No la contabilizamos porque no la pagamos a un suministrador, pero es, con mucho, el principal aporte energético del edificio. Su aprovechamiento adecuado a través de los principios de la arquitectura bioclimática, así como su captación a través de captadores térmicos, eólicos o fotovoltaicos, o sea el aprovechamiento de las fuentes de energía sostenibles, permite reducir la dependencia de combustibles fósiles hasta incluso el punto de poder prescindir de ellos.

Un estudio realizado por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya ITeC para la Generalitat de Catalunya, permitió calcular la reducción de la dependencia de combustibles fósiles en esa misma vivienda estándar aprovechando oportunidades de eficiencia energética y sistemas de captación de energía solar disponibles en el mercado y con técnicas probadas.

El resultado fue que el consumo de la vivienda se puede reducir de 12,000 kWh a menos de 7,000 kWh -un ahorro del 43.4 % del consumo del cual un 28.2 % provino de la aportación de energías sostenibles-, con una reducción de emisiones de CO2 de las 3 T originales a 1.8 T, un 41.4 %. Y todo ello con una inversión adicional -recuperable en un periodo de 10 años- de 22.73 € por m2, teniendo en cuenta que el coste de construcción del m2 de la vivienda considerada está próximo a los 600 € por m2, con lo que el aumento del coste inicial es inferior al 3.8 % del coste total de construcción de la vivienda.

No es un objetivo en absoluto inalcanzable una vivienda proyectada y construida, con recursos, tecnologías y sistemas disponibles en el mercado, a un coste asumible, cuyo consumo energético sea sostenible en tanto no utilice combustibles que no cierren el ciclo de los materiales. La viabilidad de este tipo de edificios sólo exige la concienciación y la concertación de todos los agentes implicados y la necesaria voluntad de conseguirlo.