

## ESTRUCTURA DE LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

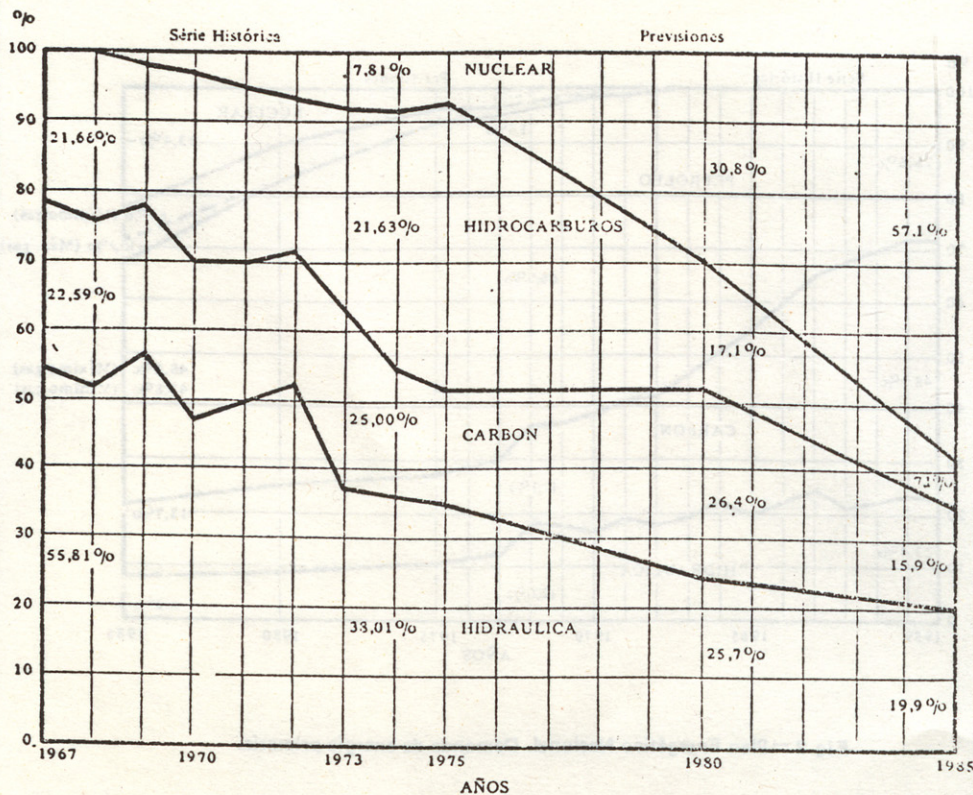


Fig 1.- Plan Energético Nacional. Generación de energía eléctrica.

# una alternativa energética para la edificación.

I.- CONSERVACION DE LA ENERGIA (\*)

Luis A. Fernández Galiano

En las casas que miran al mediodía, los rayos del sol penetran en los porches en invierno, pero en verano el curso del sol discurre sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, por lo que disfrutamos de sombra. Si ésta es entonces la mejor disposición deberemos construir más alto el lado sur, para beneficiarnos del sol de invierno, y más bajo el lado norte para evitar los vientos fríos.

JENOFONTE, c. 400 a. JC.

## FRENTE A LA CRISIS

La actualidad de la crisis energética y ambiental —no tanto **acaecida** o **advertida** en tiempos recientes cuanto **producida** deliberadamente por quienes de ella se benefician— ha revitalizado el interés por las fuentes de energía renovables y no contaminantes; la energía solar, la eólica o la geotérmica son objeto frecuente de comentarios y debates en la prensa diaria.

Tal interés contrasta con las previsiones del vigente Plan Energético Nacional, que con el horizonte de 1985 —trasladado a 1987 por el más lento crecimiento previsible de la economía española (1)— no atribuye papel alguno a estas energías en la satisfacción de la demanda energética, exclusivamente cubierta por el carbón, petróleo, gas natural, energía hidráulica y energía nuclear (2). Y aunque en las recientes medidas de ahorro de energía se

(\*) Este es el segundo de tres artículos sobre tecnologías alternativas. En él se describen las relacionadas con la conservación y empleo de la energía en edificios. El artículo anterior consistía en una introducción general al tema, y el que cierra la serie desarrolla un enfoque "alternativo" del alojamiento.

Por motivos de espacio, en este número de la Revista ARQUITECTURA se publica solamente la primera parte del artículo, sobre "Conservación de la energía". La segunda parte —"Nuevas energías"— irá incluida en el número próximo.

(1) Declaraciones del Director General de Energía. *Informaciones Económicas*, 16 Nov. 1976, p. 5.

(2) Plan Energético Nacional, aprobado por el Consejo de Ministros el 24 de Enero de 1975. *Economía Industrial* núm. 134. Febrero 1975, pp. 5-14.



hable de la necesidad de desarrollar las investigaciones sobre fuentes energéticas alternativas, en ningún momento se ha considerado la posibilidad práctica de que estas energías conozcan un desarrollo real durante la próxima década. ¿Hasta qué punto es ello deseable, y en qué condiciones puede darse ese desarrollo?

En la línea que se apuntaba en el anterior artículo, procuraremos describir en éste las **tecnologías alternativas** de la energía como **alternativas tecnológicas** energéticas posibles dentro del marco específico de la sociedad española actual y de las formas de organización económica y política que pueda adoptar en un futuro previsible. Aunque estas energías alternativas pueden evidentemente emplearse para una gran variedad de usos, trataremos prioritariamente los relacionados con la edificación, que son por otra parte aquellos en los que cabe esperar resultados más fructíferos a corto y medio plazo. Al mismo tiempo, parecería ocioso ocuparse de nuevas fuentes energéticas sin examinar las formas de limitar el consumo de energía; y a este tema —referido a la edificación— se dedica la primera parte de este artículo.

#### USOS DE LA ENERGIA EN LA EDIFICACION

La energía se emplea en los edificios para la calefacción y refrigeración ambiental, para el calentamiento de agua, para la iluminación, para la cocina y para hacer funcionar una gran variedad de aparatos eléctricos —neveras, lavadoras, lavavajillas, etc.—. Se emplea también energía

para producir, transportar y colocar en su lugar definitivo los materiales de los que está hecho el edificio, y para derruirlo y dispersar los materiales —salvo aquéllos que se utilicen de nuevo— terminado su ciclo vital; si éste es suficientemente prolongado (80–100 años), los costes energéticos de su construcción y demolición son poco significativos frente a los de mantenimiento que hemos citado en primer lugar, por lo que es lógico procurar minimizar los costes de mantenimiento con carácter prioritario.

#### COSTES ENERGETICOS DE CONSTRUCCION

Supuesto un nivel adecuado de costes energéticos de mantenimiento, tiene indudable interés el procurar reducir los costes energéticos de construcción, que pueden oscilar mucho de unos materiales y sistemas a otros (según Stein), por ejemplo, el m<sup>2</sup> de muro cortina de aluminio utiliza en su producción casi tres veces más energía que la misma superficie de muro cortina de acero) (3). Los resultados de un estudio británico indican que los muros con pocos huecos son —energéticamente— más baratos de construir y mantener, las carpinterías de madera mucho más ventajosas que las de aluminio y la albañilería en muchos casos preferible al hormigón armado y a los perfiles de acero (4). Sin embargo, debe advertirse que el cálculo de los costos energéticos de construcción se ve enormemente dificultado por la falta de información sobre los costes de producción de muchos materiales, la diversidad de los medios y distancias de transporte y

(3) Citado en STEADMAN, P. *Energy, Environment and Building*. Cambridge U. Press, 1975, p. 54.

(4) HASELTINE, B.A. "Energy to Build", *Energy and Housing*, Pergamon Press, 1975, pp. 45–52.

#### ESTRUCTURA DE LA DEMANDA ENERGETICA

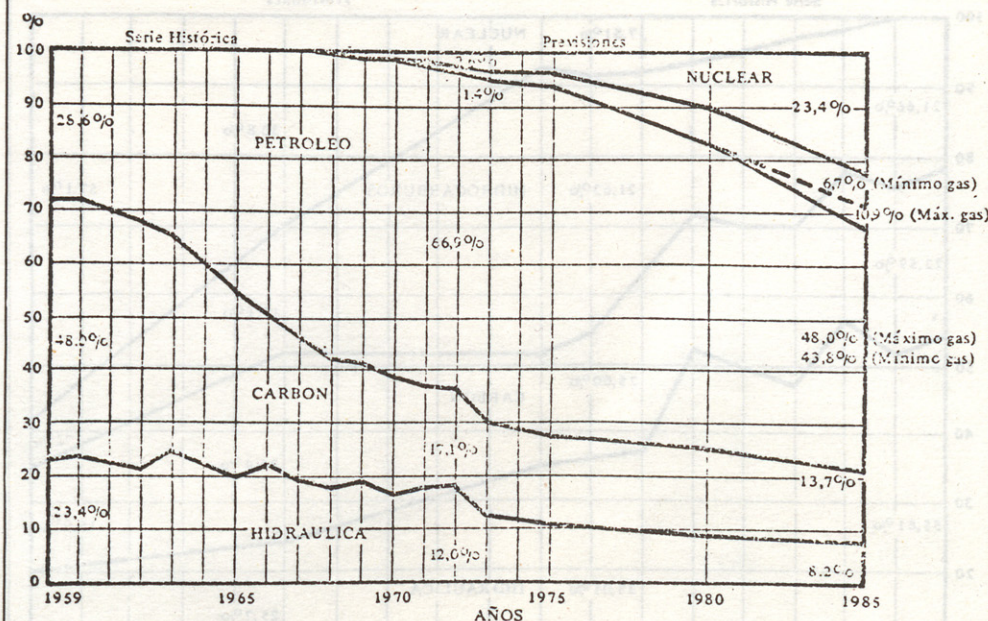


Fig 2.— Plan Energético Nacional. Demanda de energía primaria.



|               | kWh/tonelada |               |
|---------------|--------------|---------------|
|               | Herman       | Haseltine     |
| Ladrillos     | 750          | 500-1.000     |
| Cemento       | 1.900        | 2.000         |
| Acero         | 7.800        | 8.600         |
| Aluminio      | —            | 50.000-80.000 |
| Vidrio        | —            | 3.400         |
| Madera        | 1.400-1.800  | —             |
| Arena y Grava | —            | 150           |

Fig 3. — Corte energético de los materiales de construcción.

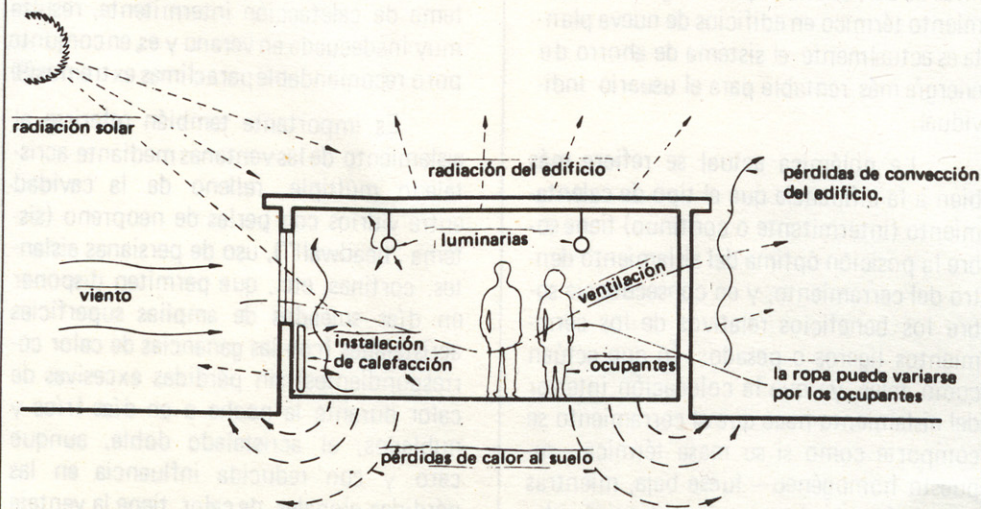


Fig 4. — Factores internos y externos en el balance térmico de un edificio.

la complejidad de la evaluación de los costes energéticos del trabajo en obra. Por este motivo, las cifras procedentes de estudios diferentes no son en general susceptibles de comparación, y es difícil extraer resultados concluyentes de ninguno de ellos.

En este terreno, apenas puede hacerse algo más que recordar la racionalidad intrínseca del uso de materiales locales, recomendar el empleo de aquéllos que pueden ser reciclados y procurar usar limitadamente los que en su extracción o manufactura consumen cantidades importantes de energía o recursos no renovables, como puede ser el aluminio, los plásticos y otros materiales sintéticos de base petroquímica.

#### COSTES ENERGETICOS DE MANTENIMIENTO

Mucho más importante es el ahorro de energía que puede lograrse en el capítulo de mantenimiento. De los usos que mencionamos más arriba, la calefacción es con gran diferencia el que más energía consume, y no es por ello extraño que el tema de la conservación de energía en edificios se reduzca en la mayor parte de las publicaciones al de la eficacia térmica de los mismos. Sin duda, éste es el campo en el que pueden producirse avances más significativos y con mayor y más rápida incidencia en el consumo energético global, el 14 por ciento del cual es atribuible en nuestro país a usos domésticos, de los que la calefacción es el más importante.

#### EFICACIA TERMICA DE LOS EDIFICIOS

Peter Burberry ha elaborado una síntesis de las decisiones de diseño que permitirían mejorar el comportamiento térmico de los edificios, agrupándolas bajo siete epígrafes: uso, emplazamiento, volúmenes y distribución, construcción, fenestración, fuente energética e instalaciones (5). Es evidente que muchas de estas cuestiones escapan del ámbito de decisión del diseñador, del promotor o incluso del usuario, remitiéndose a opciones políticas globales de planificación territorial y urbana, estructura de la industria de la construcción, características de la producción y distribución de viviendas, política energética nacional, etc. Por este motivo, cabe considerarlas más como recomendaciones generales para la racionalización energética de la edificación que como sugerencias específicas para el diseñador, aunque algunas puedan efectivamente serlo. He aquí estas recomendaciones.

##### Uso:

- Fomentar los edificios o espacios polifuncionales (particularmente importante, entre otros casos, en los edificios escolares).
- Reducir la temperatura de confort (lo que implica el uso de más ropa).

##### Emplazamiento:

- Evitar los emplazamientos expuestos al viento (que reduce el coeficiente de aislamiento de muros e in-

(5) BURBERRY, P. "Energy and Buildings: Design decisions". *Architects' Journal*, 18 Feb. 1976, pp. 341-346.



crementa el índice de ventilación).

- Evitar los emplazamientos ruidosos y contaminados (al no poder abrir las ventanas habría que recurrir a la ventilación mecánica y quizá a la instalación de aire acondicionado).

#### Volúmenes y distribución:

- Reducir el volumen (que reduce la superficie de cerramiento y por ende las pérdidas de calor e incrementa la proporción de ganancia de calor procedente de ocupantes, iluminación, etc.).
- Usar formas compactas (es decir, factores de forma —coeficientes superficie/volumen— pequeños).
- Agrupar los edificios (reduciendo la superficie de cerramiento; así las viviendas en hilera, por ejemplo, son mucho más eficaces que los chalets aislados).
- Evitar la planta libre (que impide un control diferencial de la temperatura y la ventilación).
- Situar centralmente las fuentes de calor (de forma que no se pierda al exterior el calor de las calderas o chimeneas).

#### Construcción:

- Aislar adecuadamente (con menores pérdidas de calor y temperaturas más elevadas de la superficie interior de los muros y ventanas).
- Permitir una respuesta térmica eficaz (en los casos de calefacción intermitente; mediante el precalentamiento y el uso de revestimientos de baja capacidad térmica).

#### Fenestración:

- Reducir el tamaño de las ventanas (y usar cortinas y persianas por la noche).
- Estudiar la orientación de los huecos (para beneficiarse de las ganancias de calor solar).

#### Fuente energética:

- Elegir un combustible que ahorre energía primaria (teniendo en cuenta las distintas pérdidas que sufre en su producción, distribución y utilización).
- Utilizar calor desperdiciado y ambiental (mediante intercambiadores de calor y bombas de calor).

#### Instalaciones:

- Elegir sistemas adecuados de distribución y emisión (de acuerdo con la rapidez de respuesta necesaria, pueden preferirse convectores de aire caliente, radiadores de agua, etc.).
- Asegurar un control eficaz (mediante controles de tiempo y termostatos diferenciales de zona).

En el contexto actual, parece que las vías de trabajo más fácilmente abordables a corto plazo son la reducción de la demanda mediante la **mejora de aislamiento** y el **control de la ventilación** y la reducción del consumo a través de la **optimización del control y el funcionamiento de las instalaciones de calefacción** (6). De hecho, casi toda la legislación sobre ahorro de energía en la edificación y la mayor parte de la literatura técnica se centra en estos temas.

(6) BILLINGTON, N.S. "Thermal Insulation Standards", *Energy and Housing*, Pergamon Press, 1975, p. 93.

#### AISLAMIENTO

Caben ya pocas dudas sobre las ventajas que se derivarían de la mejora del grado actual de aislamiento de los edificios. Un edificio bien aislado puede llegar a satisfacer una parte importante de su demanda de calor con las ganancias procedentes de la iluminación, el calor de las unidades de refrigeración y de las máquinas, del sol y de los mismos ocupantes; y aunque es fácil comprender que el incremento del grado de aislamiento tiene un efecto progresivamente decreciente sobre el ahorro energético que procura, parece evidente que en nuestro país nos encontramos aún lejos del punto en el que el coste del aislamiento adicional comienza a ser mayor que las economías de combustible que se logran. El aislamiento térmico en edificios de nueva planta es actualmente el sistema de ahorro de energía más rentable para el usuario individual.

La polémica actual se refiere más bien a la influencia que el tipo de calentamiento (intermitente o continuo) tiene sobre la posición óptima del aislamiento dentro del cerramiento, y en consecuencia sobre los beneficios relativos de los cerramientos ligeros o pesados (o que actúen como tales, ya que la colocación interior del aislamiento hace que el cerramiento se comporte como si su masa térmica —supuesto homogéneo— fuese baja, mientras que el efecto opuesto se produce si el aislamiento se coloca en la cara exterior del muro). Los cerramientos ligeros y el aislamiento interior parecen más apropiados para casos de calentamiento intermitente —aun-

que este tipo de funcionamiento de calefacción sólo muestra ventajas apreciables en un clima no demasiado frío (7); sin embargo, el aislamiento exterior tiene a su favor diversas consideraciones de orden práctico y constructivo, al eliminar los riesgos de condensación intersticial que se presentan cuando el aislamiento interior no va acompañado de una barrera de vapor perfecta (8).

En general, conviene no olvidar que los coeficientes de transmisión del calor sólo son útiles para describir estados de equilibrio dinámico; cuando el calentamiento es intermitente interviene de forma destacada la capacidad térmica de los cerramientos (además de, por supuesto, la rapidez de respuesta del sistema calefactor). La construcción de baja capacidad térmica, pese a comportarse mejor en invierno con un sistema de calefacción intermitente, resulta muy inadecuada en verano y es, en conjunto, poco recomendable para climas extremos (9).

Es importante también referirse al aislamiento de las ventanas mediante acristalado múltiple, relleno de la cavidad entre vidrios con perlas de neopreno (sistema "beadwall"), uso de persianas aislantes, cortinas, etc., que permiten disponer en días soleados de amplias superficies acristaladas (con las ganancias de calor correspondientes) sin pérdidas excesivas de calor durante la noche o en días fríos y nublados; el acristalado doble, aunque caro y con reducida influencia en las pérdidas globales de calor, tiene la ventaja notable de evitar la radiación fría del vidrio único sin impedir la visión exterior, eliminando al tiempo la condensación en la superficie del cristal.

(7) Según BILLINGTON en "Discussion Sessions", *Energy and Housing*, Pergamon Press, 1975, p. 152.

(8) BASNETT, P. et al. "Some Effects of Ventilation Rate, Thermal Insulation and Mass on the Thermal Performance of Houses in Summer and Winter", *Energy and Housing*, Pergamon Press, 1975, p. 21.

(9) BURBERRY, P. "Energy and buildings: Principles of Thermal behaviour". *Architects' Journal*, 4 Feb. 1976, pp. 243-249.



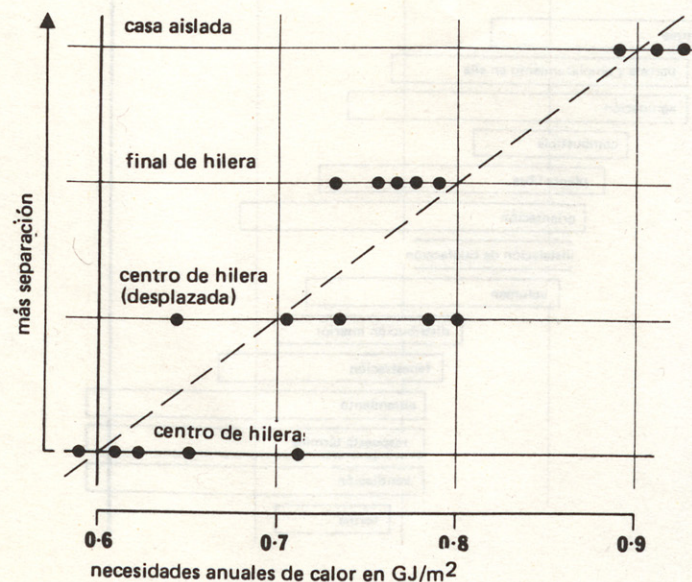


Fig 5.- Necesidades de calor en viviendas aisladas y en hilera.

## VENTILACION Y CONTROL DE LAS INSTALACIONES DE CALEFACCION

Sobre el tema de la ventilación merece citarse la conveniencia de aumentar la estanqueidad de las carpinterías y también la posibilidad de usar —en edificios de algún volumen y para diferencias de temperaturas sustanciales— ruedas térmicas, que permiten recuperar para el aire que entra una parte importante del calor del aire expulsado al exterior.

Por su parte, la optimización del control y funcionamiento de las instalaciones de calefacción pasa por la implantación de sistemas de control más flexibles, la mejora del rendimiento de las calderas, el mantenimiento del buen estado de las instalaciones mediante revisiones periódicas, el aislamiento más exigente de depósitos y tuberías y otras medidas de la misma índole.

Especial atención merecen las soluciones urbanas centralizadas, todavía carentes de una adecuada ordenación jurídica y administrativa, que ofrecen importantes ventajas de carácter económico y ambiental.

## SISTEMAS ESPECIALES DE CALEFACCION

En otro orden de cosas, el uso de **bombas de calor** ofrece perspectivas favorables en edificios de cierta importancia, que exijan instalaciones de refrigeración, y los sistemas de **energía total** —en los que una misma instalación genera electricidad y calefacción para un conjunto de edificios— presentan ventajas energéticas y ambientales condicionadas sólo por la necesidad de armonizar las curvas globales de demanda, lo que puede lograrse en desarrollos mixtos —residenciales y comerciales,

por ejemplo— o de usos múltiples (10). El empleo de cualquiera de los dos sistemas puede dar lugar sin duda a economías energéticas importantes en la calefacción de edificios que se sumen a las que se producirían con la adopción de las medidas de ahorro reseñadas más arriba.

## REFRIGERACION AMBIENTAL

Aunque la energía consumida para refrigerar espacios no es aún muy importante en nuestro país, sus características climáticas permiten esperar que llegue a serlo en el futuro. En este campo debe señalarse el despilfarro energético que suponen los sistemas de aire acondicionado de "recalentamiento terminal"; los de "volumen variable", aunque no permiten un control tan preciso del grado de humedad en verano, consumen mucha menos energía y deberían preferirse en la mayor parte de los casos.

## AGUA CALIENTE

En el suministro de agua caliente doméstica pueden lograrse economías energéticas utilizando el agua tibia de los desagües de baños, lavadoras, etc. para precalentar el agua entrante, aislando adecuadamente depósitos y cañerías, extrayendo mediante intercambiadores el calor de los gases de combustión de los calentadores, sustituyendo las llamas piloto de éstos por sistemas de ignición eléctricos, etc.

## ILUMINACION

La energía eléctrica empleada en la iluminación puede reducirse sustancialmente eliminando la luz artificial



innecesaria y mejorando el rendimiento de las luminarias; eliminar la luz innecesaria supone adoptar unos niveles de iluminación que no sean absurdamente altos, facilitar la iluminación local selectiva y, evidentemente, apagar las luces que no se estén usando; la mejora del rendimiento de las luminarias puede lograrse a través del uso de lámparas fluorescentes (tres veces más eficaces que las incandescentes) o empleando iluminación de alta frecuencia y mediante la limpieza o sustitución periódica de bombillas, reflectores y pantallas.

### APARATOS DOMESTICOS

Tanto las cocinas como los refrigeradores y la mayoría de los electrodomésticos son en general susceptibles de mejoras sensibles en su comportamiento energético. El actual diseño de los fuegos de las cocinas desperdicia mucho calor que se pierde al exterior con el aire que expulsan los extractores; los frigoríficos, por su parte, suelen estar insuficientemente aislados, y los que no precisan deshelarse consumen cantidades desmesuradas de energía.

### EVALUACION ECONOMICA, EVALUACION ENERGETICA

Todos estos usos —calefacción y refrigeración ambiental, calentamiento de agua, iluminación, cocina, aparatos eléctricos, etc.— en los que puede descomponerse el consumo de energía en la edificación son susceptibles, como hemos visto, de verse afectados por la adopción de diversas medidas de ahorro de energía.

(11) WARREN, B.F. y WILTSHIRE, T.J. "Some Problems Associated with the Design of Low Energy Housing", *Energy and Housing*, Pergamon Press, 1975, p. 116.

La mayor parte de ellas implican un análisis de costo —beneficio que suele realizarse en términos económicos; es decir, se evalúa por lo común el número de años en los que se amortizará la inversión inicial adicional con los ahorros que se consigan en el mantenimiento. No obstante, estos cálculos tienden a ser extraordinariamente imprecisos, ya que las perspectivas de la evolución de los precios energéticos han manifestado ser sumamente imprevisibles (11). Por este motivo, es probablemente más ilustrativo realizar los cálculos en términos energéticos, que a largo plazo ofrecen más posibilidades de evaluar la racionalidad intrínseca de una decisión. Se comprende fácilmente que con este criterio será difícil hallar inversiones energéticas en aislamientos, sistemas de control, etc. que no resulten sobradamente amortizadas por el ahorro de energía que supongan a lo largo del siglo de vida útil de un edificio.

### INVERSION INICIAL VERSUS COSTE DE CICLO VITAL

Sin embargo, el actual sistema de producción de edificios, en el que los costos de mantenimiento nunca recaen sobre los que los promueven o construyen y afectan sólo residualmente al precio de venta de la construcción, lejos de estimular la minimización del costo global (energético o meramente económico) del ciclo vital del edificio favorece por el contrario la reducción de la inversión inicial a su mínima expresión. Así ocurre que, buscando este ahorro inicial, llegan a instalarse sistemas de calefacción eléctrica en viviendas que son absolutamente indefendibles desde el punto de vista ener-

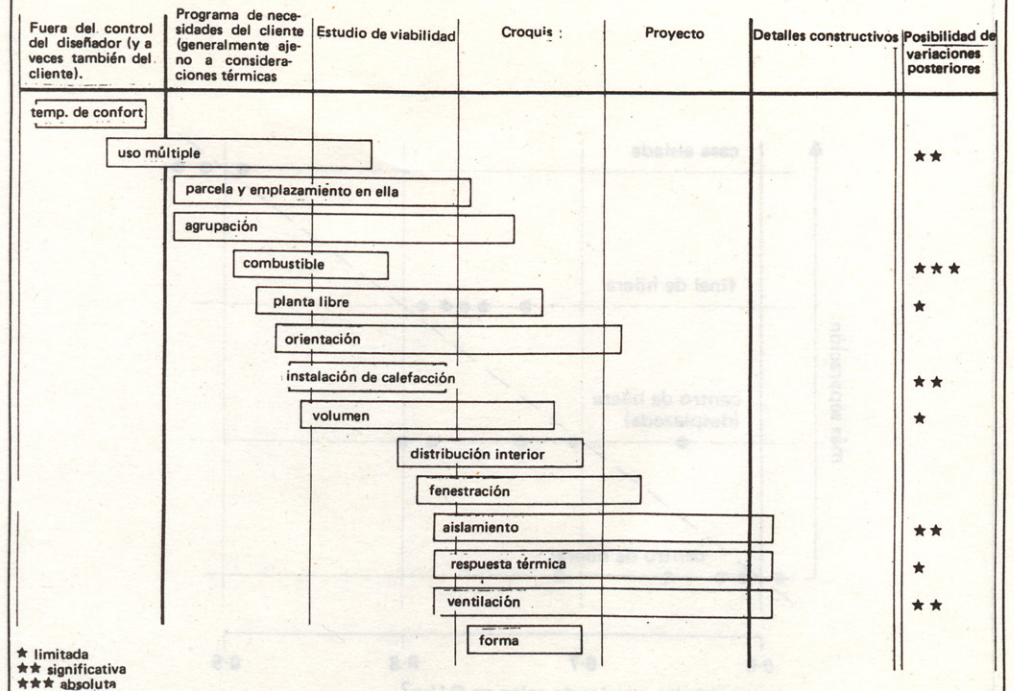


Fig 6.— Secuencia de las decisiones de diseño térmico.



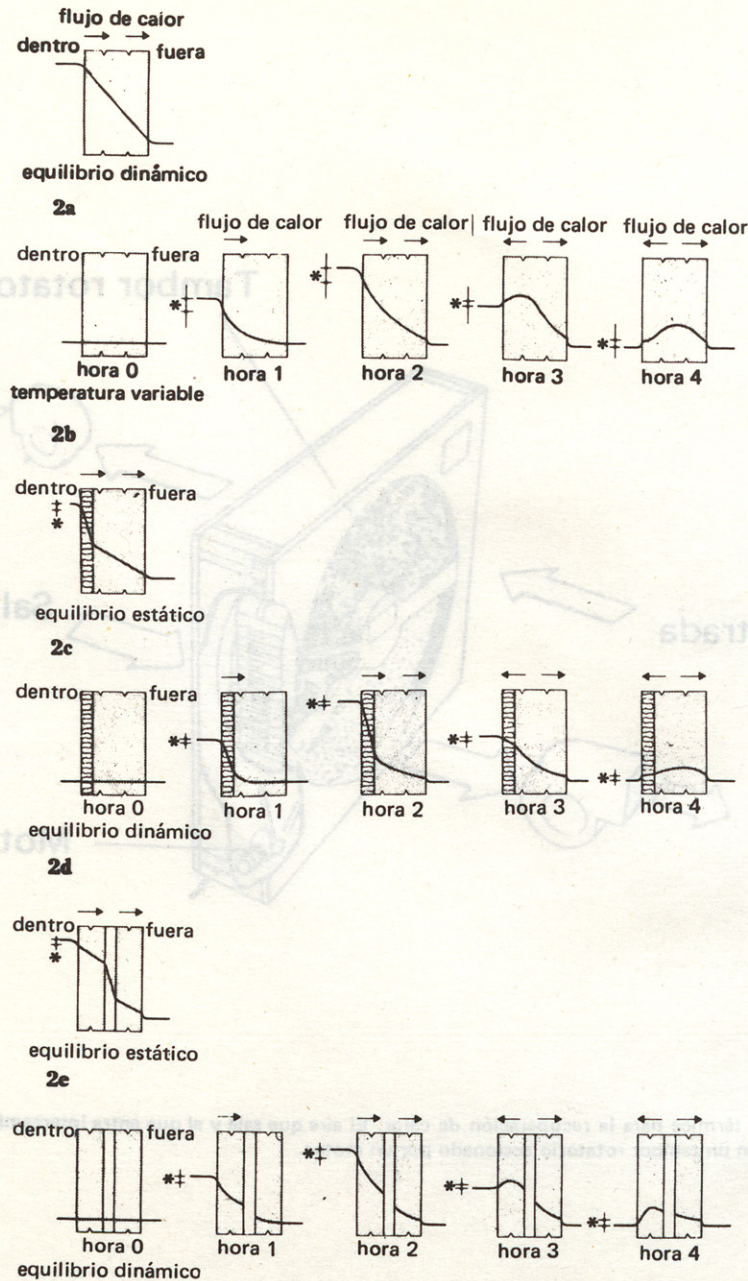


Fig 7  
Variación de temperatura de un lado a otro de un muro. Las flechas indican la dirección del flujo del calor. Las dimensiones señaladas con un asterisco muestran la diferencia de temperaturas entre la cara interna del muro y el aire interior, que afecta considerablemente al confort y a la posibilidad de condensación.

gético y cuyo mantenimiento es sin duda económicamente ruinoso para el usuario.

## NORMATIVA LEGAL Y ESTIMULOS ECONOMICOS

Por los motivos apuntados, la satisfacción de unos niveles adecuados de aislamiento no parece que pueda lograrse sino a través del establecimiento de un sistema de estímulos financieros que anime a promotores y constructores a alcanzarlos; y así mismo deberían ofrecerse reducciones impositivas o ayudas crediticias a los propietarios de viviendas que decidiesen mejorar el rendimiento térmico de las mismas. No tienen muchos visos de credibilidad las medidas de carácter meramente legal que, carentes de una fuerza material para imponerlas, se convierten rápidamente en papel mojado. Tal es seguramente la crítica de mayor entidad, al margen de otras de carácter técnico (12), que cabe formular al exigente Decreto de Aislamiento Técnico en Edificaciones, que al año y medio de la promulgación no parece haber tenido gran éxito en su cumplimiento.

Con un sistema adecuado de incentivos, el ahorro de energía en el sector residencial puede alcanzar el 35%, sin disminuir los servicios prestados a los usuarios (13).

## ESTANDARES DE CONFORT E INTERVENCION DEL USUARIO

Subyacente a la mayor parte de las medidas de ahorro de energía en la edificación se encuentra el problema de los estándares. Sea la temperatura, la humedad,

la renovación del aire o el nivel luminoso, la fijación de los estándares de confort tiene influencia destacada en el consumo energético. En este, como en otros casos, la libre regulación por el usuario del nivel de satisfacción que desea, antes que la imposición más o menos arbitraria de unos estándares homogéneos, es fundamental tanto para el logro de un control flexible y diferenciado del medio ambiente térmico y luminoso como para la reducción efectiva del consumo de energía.

## BUSCANDO LAS RAICES IDEOLOGICAS Y POLITICAS

La creciente inadaptación de los edificios a su entorno físico concreto, su creciente ineficacia energética y ambiental, no son consecuencia sólo de la disponibilidad de combustibles baratos, tecnologías homogéneas y sistemas económicos semejantes e interrelacionados en los países industriales. Las raíces del mal penetran profundamente en el mismo discurso ideológico de la arquitectura, en las bases conceptuales del movimiento moderno (el estilo significativamente "internacional") en el que todavía nos encontramos instalados, en los presupuestos del credo funcionalista cuya preocupación —como señala Steadman (14) por la economía de medios (economía estética, economía estructural, economía de espacio) no fue pareja con una preocupación semejante por la economía energética.

La adecuación energética y ambiental de los edificios que albergan la vida y la conciencia de los hombres es pues una batalla que se libra en muchos

(12) O.C.I. "Sobre el Decreto de "Aislamiento Térmico en Edificaciones" de 12-6-1975", Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo, núm. 106, Enero 1975.

(13) BARCELO, G. La energía y su impacto social, Index, 1976, p. 227.



más frentes que el meramente técnico. En último término, la habitación colectiva, la descentralización energética —y por ende política y económica—, la recuperación de las tecnologías constructivas y tipológicas autóctonas suponen una revolución de lo cotidiano en la que la racionalidad energética se enfrenta técnica, pero también política e ideológicamente, con la falsa racionalidad de los apólogos eco-

nomicistas del sistema establecido. De un sistema que, para conseguir un reparto escandalosamente desigual de la energía y los recursos entre los individuos y las naciones, no tiene más remedio que explotar desaforadamente las riquezas del planeta hasta su agotamiento, despilfarrar el producto de su expolio, empobrecer y envenenar la tierra de todos.



#### Fuentes de las ilustraciones

- 1 y 2. **Plan Energético Nacional**
3. **Energy and Housing**, Pergamon Press, 1975, pp. 38 y 47
- 4 a 7. **Architects Journal**, Feb. 1976, pp. 246, 345, 346 y 245.
8. **The Efficient Use of Energy**, IPC Press, 1975, p. 198.

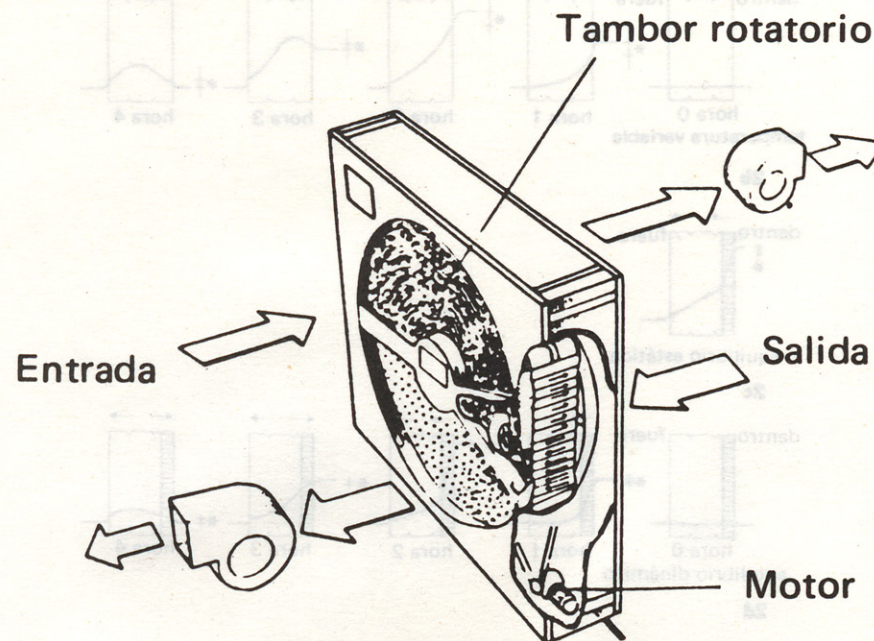


Fig 8

Rueda térmica para la recuperación de calor. El aire que sale y el que entra intercambian su calor en un tambor rotatorio accionado por un motor.