

## CONTRIBUCIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO PARA COMBATIR EL CAMBIO CLIMÁTICO

### CRISIS ENERGÉTICA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

En 1973, con la Crisis del Petróleo, recibe un fuerte golpe el modelo económico *tecnócrata* de los Estados más desarrollados, basado en un crecimiento continuo, y sostenido por una energía barata obtenida del petróleo. Debido a ello se busca diversificar las fuentes de energía (auge de las centrales nucleares) para depender menos de las importaciones de petróleo. Además, en muchos sectores de la actividad económica los Estados empiezan a reglamentar para conseguir ahorros de energía. Como ejemplo, en España y en edificación, se publica en 1979, hace 27 años, la *Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas* (NBE-CT-79).

Sin embargo, desde 1979 hasta nuestros días, el modelo económico, ahora *global*, se ha enfrentado a nuevos «desafíos», muchos de ellos generados por la propia dinámica económica. Enumeremos algunos hechos destacados:

- Continúa la *explosión* demográfica en los países del Tercer Mundo y la desigualdad creciente entre la minoría de Estados ricos y la mayoría pobre de la humanidad, lo cual está llevando a movimientos migratorios cada vez mayores.
- Se cuestiona la seguridad de la energía nuclear (accidente de Chernobil, Ucrania, en 1986).
- Se aceleran las transformaciones del territorio, con casos extremos de deforestaciones masivas, en países como Brasil, Indonesia, Sudán, a fin de ganar nuevos terrenos para cultivos y pastos.
- China e India se configuran como gigantescas economías industriales «emergentes», lo que arrastra un gran aumento en el consumo de recursos energéticos, y, como resultado, de emisiones contaminantes.
- A la vez se da un agotamiento progresivo de los recursos energéticos basados en *fuentes no renovables*, como ocurre especialmente con el petróleo.
- Se reconoce, y entramos ya de lleno en el tema de este artículo, el fenómeno del **Calentamiento**

**Global** asociado a un **Cambio Climático** *antropogénico* (= causado por el ser humano), originado, en sus tres cuartas partes, por la emisión de gases de **efecto invernadero**, como el CO<sub>2</sub>, procedentes de la quema de combustibles fósiles en un uso intensivo y poco eficiente de la energía y también, en una cuarta parte, de las transformaciones intensas del territorio, sobre todo en los procesos de deforestación.

Como resultado, se tiene cada vez mayor conciencia de los *límites del crecimiento* y se quiere imprimir una nueva orientación al modelo económico imperante hasta ahora, a través del llamado **Desarrollo Sostenible**. Hay, claro, el riesgo de que este concepto de sostenibilidad se quede en mera «puesta a punto» medioambiental del «vehículo» económico, sin corregir ni la «aceleración» (valga por el crecimiento continuo) ni la «dirección» (valga por el objetivo) imparables que lleva, y que parecen estar fuera del debate democrático, que requiere de la participación y el acuerdo *global* de toda la humanidad. Precisamente uno de los grandes acuerdos *globales* de los últimos tiempos, siguiendo a una movilización social creciente, es el **Protocolo de Kyoto** (diciembre 1997), en el que se aborda una de las principales consecuencias adversas de las sociedades industriales: la emisión de gases de *efecto invernadero* y el desequilibrio medioambiental que entrañan, al favorecer el *Calentamiento Global*, es decir el *Cambio Climático*. Afecta a la «puesta a punto» técnica del «vehículo» económico, pero no sólo.

Antes de abordar dicho Protocolo, empecemos apuntando algunos hechos e hipótesis relativos al llamado **Cambio Climático**, de cara a situar el problema en su justa dimensión.

### CAMBIO CLIMÁTICO: ALGUNOS HECHOS E HIPÓTESIS

*Cambio Climático* es una expresión que se presta a confusión, puesto que hay, obviamente, una *variabili-*

dad natural del clima debida a factores independientes de la actividad humana, como pueden ser variaciones en la actividad solar y variaciones orbitales de la Tierra (sin mencionar catástrofes, como impactos de meteoritos o actividad volcánica intensa). Por tal razón, y sin intervención humana, ha habido glaciaciones, por ejemplo. En definitiva, el *Cambio Climático* es una variable más, antropogénica, que se suma a las variables naturales.

Actualmente, debido al fenómeno del *Calentamiento Global*, es decir, al aumento en el tiempo de la temperatura superficial media de atmósfera y océanos, se tiende a tomar esta tendencia particular y reciente por «el» *Cambio Climático*.

El efecto *invernadero*, causado sobre todo por el  $\text{CO}_2$  y el vapor de agua presentes en la atmósfera, y origen principal del *Calentamiento Global*, no es un mito. Sin él, nuestro planeta estaría congelado aproximadamente a  $20^\circ\text{C}$  bajo cero (unos  $35^\circ\text{C}$  por debajo de la temperatura superficial media actual de la Tierra) y no habría vida, tal como la conocemos.

Durante los últimos 200 años ha aumentado la cantidad de gases de efecto *invernadero* en la atmósfera aproximadamente un 30%, principalmente  $\text{CO}_2$  (hasta casi 375 ppm en el presente, cuando los valores previos a la Revolución Industrial nunca sobrepasaron un valor de 290). De seguir al ritmo actual, antes del final del siglo XXI la concentración se habrá duplicado (casi 600 ppm).

Si se duplica la cantidad de dióxido de carbono, sin duda se calentará la atmósfera, debido a que retendrá calor solar adicional. La pregunta es: ¿cuánto?. Según los modelos climáticos, el calentamiento directo será suficiente para subir las temperaturas medias de la Tierra un grado Celsius ( $1^\circ\text{C}$ ). De hecho, en los últimos 100 años ya ha habido un aumento de  $0.6^\circ\text{C}$  que, sin embargo, bien pudiera estar dentro de la variabilidad natural. La magnitud real del calentamiento dependerá de cómo responda el planeta a ese cambio, ya sea magnificándolo (*feedback* positivo) o moderándolo (*feedback* negativo). El planeta puede responder de modo que amplifique el calentamiento, según los modelos climáticos usados, en un rango entre  $1.4$  y  $5.8^\circ\text{C}$ , como consideran la mayor parte de los científicos, reunidos en el llamada *Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático* (IPCC, de sus siglas en inglés), formado por Naciones Unidas. ¿Qué puede provocar la amplificación?:

- Uno de los motores principales de la amplificación pueden ser las regiones polares. Sólo un porcentaje muy pequeño del calor solar que alcanza el Ártico y el Antártico calienta el planeta. Las

capas de hielo reflejan la mayor parte de dicha radiación térmica al espacio, dentro del conocido efecto *albedo*. No obstante, a medida que el calentamiento funde el hielo, queda expuesta la roca o el agua que se encuentra debajo de ella. Dichos materiales absorben más calor y reflejan menos (menor albedo). El resultado es un calentamiento adicional que produce mayor fusión, y así sucesivamente.

- Además, los hielos polares bloquean las corrientes marinas en los Polos. Si van en retroceso, las corrientes se pueden abrir paso a su través más fácilmente, contribuyendo a la homogeneización y, en los Polos, suavización de las temperaturas, lo que a su vez puede desencadenar más retroceso de los hielos, en un *feedback* positivo que amplifica el efecto inicial.

Sin embargo, en vez de amplificación puede haber algún grado de moderación (*feedback* negativo) de la subida de la temperatura media, debido a diversos factores posibles:

- El *Calentamiento Global* evaporará más agua de los océanos. El vapor de agua es un potente gas de efecto invernadero. Así pues, en principio, más calentamiento (*feedback* positivo), aunque, y es un tema muy debatido, puede que moderado según la forma en que el vapor se redistribuya en la atmósfera y también de si aumenta la formación de nubes. Efectivamente, tras muchas observaciones efectuadas desde satélite, parece ser que el efecto neto de las nubes es de enfriamiento, pero depende mucho también de la composición, distribución y modo de formación de las nubes.
- Los organismos vegetales (plantas, pero también algas y fitoplancton) pueden aprovechar, y absorber, parte del excedente producido de  $\text{CO}_2$ .
- Una mayor presencia de partículas en suspensión (*aerosoles*) en la atmósfera, debida al aporte de *aerosoles* con origen humano (ejemplo extremo: los procedentes de las explosiones termonucleares de los años 50 y 60 del s. XX), que pueden haber originado un aumento del albedo terrestre por reflexión directa de la radiación solar e incluso por el tipo especial de nube, también con mayor albedo, que pudiera formarse a partir de dichos *aerosoles* antropogénicos, lo que, en cierto modo, pudiera compensar el efecto *invernadero* y el *Calentamiento Global* con un llamado *Oscurecimiento Global*. Claro que esta hipótesis, de verificarse, puede suponer que el *Calentamiento Global* efectivamente pro-

ducido hasta ahora es mucho mayor del balance final medido hasta ahora, donde se encuentra parcialmente compensado por ese *Oscurecimiento Global*.

Como conclusión, parece haber pocas dudas sobre el origen del *Calentamiento Global* actual en la actividad humana, que ocasiona la emisión de gases de efecto invernadero, ni tampoco sobre la trascendencia de esos aparentemente pocos grados, hasta 5.8 °C en el peor supuesto considerado hasta la fecha, de aumento probable de la temperatura media superficial antes del fin del siglo XXI: no hay que olvidar que las temperaturas medias actuales del mundo están precisamente 5 grados por encima de las de la última glaciación, hace unos 20000 años, en las que la mayor parte de Europa estaba cubierta por glaciares.

¿Qué puede ocurrir entonces si, de subir, como media, 1 °C cada 4000 años, subiera la temperatura media superficial entre 1 y 5 °C...en los próximos 90-100 años?. Repasemos las posibles consecuencias:

### CAMBIO CLIMÁTICO: ALGUNAS DE LAS POSIBLES CONSECUENCIAS

Los científicos del IPCC consideran que el *Calentamiento Global* puede tener, entre otras, las siguientes consecuencias posibles (y más o menos probables), de aquí a final de siglo:

- Pueden ampliarse los grandes desiertos de los trópicos; las tierras del Mediterráneo pueden parecerse más al Sahara y el desierto de Norteamérica invadir el Medio Oeste; mayor frecuencia y extensión de las sequías, particularmente en África y Sudamérica.
- Las áreas costeras pueden hacerse más húmedas, con monzones más intensos; las tormentas tropicales, que son activadas por la temperatura de los océanos, pueden ser más intensas y frecuentes, invadiendo nuevos territorios, como el este de Australia.
- La fusión de los hielos incrementará los niveles del mar; entre 0.09 y 0.88 metros según el IPCC, e inundará las zonas bajas, acabando con algunos Estados de las islas del Pacífico.
- Pueden extenderse enfermedades tropicales, a Europa, por ejemplo;
- Pueden generarse grandes movimientos de población, con decenas de millones de «refugiados ecológicos».

- Ciertas áreas muy continentales del hemisferio norte, como Siberia o Canadá, pueden calentarse por encima de la media, al no contar con el efecto de dulcificación del clima que siempre suponen los océanos.

### PROTOCOLO DE KYOTO: SOSTENIBILIDAD CONTRA CAMBIO CLIMÁTICO

El Protocolo de Kyoto sobre el *Cambio Climático* compromete a las naciones que lo ratificaron a fijar una reducción del -5% de sus emisiones de gases de efecto invernadero en el período 2008-2012 respecto a las existentes en 1990. Este valor medio de reducción para todos los países, toma un valor del -8% en el caso de la Unión Europea (UE), y, en el caso particular español, el reparto europeo nos permitía, al contrario, aumentar las emisiones hasta un +15%. Pero el hecho es que en 2006 ya se ha superado el +50% de aumento, convirtiendo a España en el Estado más lejos de cumplir el objetivo, por parte de la UE.

El Protocolo afirma que el objetivo, en última instancia, es «la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida la interferencia antropogénica peligrosa con el sistema climático». Sin embargo se considera que, de alcanzarse el objetivo de Kyoto para el período 2008-2012, el resultado, según los modelos climáticos, será más bien modesto, alrededor de la décima de grado por debajo del aumento de la temperatura media que se estima si no se tomara ninguna medida. La realidad es que para invertir con efectividad el proceso, estabilizando la temperatura y evitando el *Calentamiento Global* no basta mantener las tasas de emisión en valores cercanos a los de 1990, sino que habría que reducirlas fuertemente, alrededor de un 60%.

Entrando en algún detalle, en el artículo 2 del Protocolo se precisa que, «con el fin de promover el **desarrollo sostenible**, cada una de las Partes (= Estados)... aplicará y/o seguirá elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales, por ejemplo las siguientes:

- i) fomento de la eficiencia energética ...;
- ii) protección y mejora de los sumideros y depósitos de los gases de efecto invernadero...; promoción de prácticas sostenibles de gestión forestal, la forestación y la reforestación;
- iii) promoción de modalidades agrícolas sostenibles ...;

- iv) ... formas nuevas y renovables de energía,...;
- v) ... eliminación gradual de las deficiencias del mercado,... que sean contrarias al objetivo de la Convención en todos los sectores emisores de gases de efecto invernadero...»

En todo caso, es muy significativo, de cara a nuestro propósito, que en primer lugar se mencione la eficiencia energética. Veámoslo.

## **SOSTENIBILIDAD: EFICIENCIA ENERGÉTICA CONTRA CAMBIO CLIMÁTICO**

Tal y como se ha indicado anteriormente, la **eficiencia energética** es uno de los principales instrumentos para reestablecer la proporción de gases de efecto invernadero a un nivel compatible con el equilibrio medioambiental deseado para la Tierra. Para llegar a ese 60% de reducción de emisiones (por ahora, fuera de los objetivos de Kyoto en el período contemplado, hasta 2012), la «buena noticia» es que en la actualidad usamos la energía de modo tan ineficiente que esas reducciones son posibles sin colapsar las economías industriales. Ejemplos:

- Fomento de la eficiencia energética en todos los sistemas, desde las centrales térmicas hasta el diseño de edificios, pasando, por ejemplo, por las instalaciones de iluminación, las calderas y, tema final de este artículo, el aislamiento térmico adecuado de las viviendas y edificios en general.
- Uso de fuentes energéticas renovables, que no originan dióxido de carbono, como la energía solar, la eólica o la hidroeléctrica.
- Desarrollo (en lo que ya se trabaja desde hace mucho) y comercialización de tecnología energética a partir de la  *fusión* nuclear (distinguir de las centrales usuales hasta ahora, de  *fisión* nuclear, con dificultades en el tratamiento y almacenamiento de los residuos radiactivos y reservas limitadas de uranio)
- El proceso de mejora en la eficiencia podría apoyarse usando mecanismos de mercado, como impuestos sobre el carbón o la energía que reflejen el perjuicio que causan las emisiones de dióxido de carbono.
- En el transporte hay también un largo recorrido por hacer; cambiando el insostenible paradigma del automóvil privado, en que casi se llega al paroxismo de {una persona = un automóvil} (por más «puesto a punto» que esté como máquina y como

técnica), por políticas de transporte nuevas que no fomenten los automóviles, sino el transporte público, a la vez que se reducen las necesidades de desplazamiento mediante cambios en la planificación urbana y regional.

En la Unión Europea, de acuerdo con el *Green Paper* (1998) editado sobre la cuestión, se produce un reparto del consumo de energía, de modo que la industria consume el 29%, el transporte el 31% y la edificación el 40% restante. En el caso español, la cuota de la edificación es menor; del orden de un 28%, pero está en constante crecimiento.

Para reducir consumos de energía en edificación, la herramienta más eficiente es reducir la demanda, pues así se evita el efecto de «lente de aumento» que tienen sobre la demanda los equipos y máquinas de climatización debido a tener rendimientos que nunca son del 100%, de modo que el consumo siempre es mayor que la demanda que lo origina. En los edificios la forma más eficiente de reducir la demanda de energía es, además de mejorar la eficiencia térmica de las ventanas y controlar las infiltraciones no deseadas de aire exterior a su través, introducir un aislamiento térmico adecuado en todos sus cerramientos. Como ejemplo, veamos para qué sirve el aislamiento térmico de planchas de XPS (poliestireno extruido) STYROFOAM™, analizando y haciendo una estimación del ahorro en combustible y de reducción de emisiones que se alcanza con la instalación anual en España de las planchas STYROFOAM (datos estimados para 2006).

## **COMBATIR EL CAMBIO CLIMÁTICO CON STYROFOAM™ 1: AHORRO EN COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PARA ESPAÑA CON LAS PLANCHAS AISLANTES STYROFOAM**

En la situación de 2006, cuando apenas ha entrado en vigor, con carácter obligatorio, el nuevo CTE (desde el 29 de septiembre), se parte de un dimensionado (espesor) aún insuficiente (algo menos de 40 mm como media, para las planchas STYROFOAM) respecto del óptimo económico y ecológico que se puede alcanzar con un uso más eficiente del aislamiento. De

<sup>1</sup> TM Marca registrada de The Dow Chemical Company (Dow) o cualquier filial de Dow

hecho, se calcula que es perfectamente viable, en el caso español, duplicar los ahorros energéticos (o, visto como consumos, reducirlos a la mitad), con los nuevos requisitos a los que apunta el CTE (en este sentido, aún algo incompleto, en particular en el tratamiento de fachadas).

Para la estimación, válida al menos como orden de magnitud, del combustible ahorrado y de las emisiones evitadas, partimos de las siguientes simplificaciones e hipótesis:

- La demanda energética se ha calculado por medio de un método simplificado de grados-día. Se ha tomado un valor para las temperaturas exteriores próximo al clima de Barcelona, con lo que muy posiblemente los ahorros sean mayores de los estimados (la media nacional española presentaría un clima más severo en invierno que Barcelona). Como temperatura interior de los edificios o viviendas se ha tomado 20 °C.
- Se ha supuesto una solución constructiva «media» (haciendo abstracción de que sea cubierta, fachada o suelo) que, sin aislar, tiene un valor U de transmisión térmica de 1.8 W/m<sup>2</sup>K (si la media de dicho valor U fuera más elevada, el ahorro proporcionado por las planchas STYROFOAM sería mayor del estimado).
- El ahorro anual en demanda, estimado para todas las instalaciones donde se habrán incorporado en 2006 las planchas de aislamiento térmico STYROFOAM, es de 263 millones de kWh. Igualmente se calcula que todo el aislamiento térmico «acumulado», formado por las planchas STYROFOAM

desde que se comenzaron a instalar en España, puede suponer, cada año (2007 y ss.), unas 15 veces la cifra de 2006, o sea, en total, un ahorro anual en demanda de unos 3945 millones de kWh.

- Para pasar al consumo energético evitado en calefacción, se ha tomado un rendimiento medio del 80% en los equipos de climatización (si en realidad fuera inferior, el ahorro proporcionado por el aislamiento térmico sería mayor). Como resultado las cifras de demanda energética anteriores pasan a ser:
  - Para las planchas instaladas en 2006: 263 millones x 1.2 = consumo de **315.6 millones de kWh** evitado cada año, a partir de sus instalación.
  - Para todas las planchas instaladas hasta 2006 inclusive: 3945 x 1.2 = consumo de **4.734 millones de kWh** evitado cada año (a partir de 2007).
- Se ha estimado que el consumo energético en refrigeración, en verano, puede suponer, hoy en día el 25% del consumo energético en calefacción en invierno y sería eléctrico. Para un período anterior, por ejemplo, el de los años comprendidos entre 1979 y 2005, se ha tomado la mitad de ese porcentaje actual para representar el menor peso de las instalaciones de refrigeración en el pasado (estimación propia).
- Para traducir el dato anterior a cantidad de combustible ahorrada, hacemos la hipótesis de que fuera, o bien todo gas natural, con *poder calorífico*, P.C. = 12 kWh/m<sup>3</sup>; o bien todo combustible líquido (gasóleo, propano, propano-butano), con P.C. medio = 9.5

Tabla I

Contribución anual de STYROFOAM (España) desde 2007 en adelante		Tipo de combustible		
		Todo gas natural	Todo combustible líquido	Todo eléctrico
Instalación de STYROFOAM en 2006	Combustible ahorrado	26.300.000 m <sup>3</sup>	33.221.053 litros	146.111.111 litros (1)
	Emisiones CO <sub>2</sub> evitadas	86.790 toneladas	98.152 toneladas	190.149 toneladas
Todas las instalaciones efectuadas hasta ahora con STYROFOAM (aprox. 1979-2006)	Combustible ahorrado	394.500.000 m <sup>3</sup>	499.350.000 litros	1.972.500.000 litros (2)
	Emisiones CO <sub>2</sub> evitadas	1.084.875 toneladas	1.226.895 toneladas	2.567.011 toneladas

(1) De los cuales se puede estimar, para 2006, un 20% del total empleados en refrigeración en verano.

(2) De los cuales se puede estimar, para el período comprendido entre 1979 y 2006, ~11.11% del total empleados en refrigeración en verano.

---

kWh/litro; o bien todo electricidad, caso en el que hay que aplicar un factor de 2.9 entre generación de energía primaria y consumo de energía final, es decir, hacen falta 2.9 unidades de energía primaria para obtener 1 unidad de energía final consumida. El resultado es que, por ejemplo con centrales de fuel, se obtendrían alrededor de 2.7 kWh de energía final (para el consumo) por cada litro fuel empleado como energía primaria en la central.

- Los factores de conversión que proporcionan la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por kWh consumido de cada tipo de energía son los siguientes:
  - Gas natural: 275 gramos de CO<sub>2</sub> por kW·h
  - Combustibles líquidos: 311 gramos de CO<sub>2</sub> por kW·h
  - Electricidad: 482 gramos de CO<sub>2</sub> por kW·h

Los resultados podemos verlos en la tabla 1.

Precisemos que la cifra auténtica será una combinación de cada trío anterior (para cantidad de combustible y para cantidad de emisiones), en función del mix energético español.

[NOTA: Las cifras anteriores están referidas al total «acumulado» de planchas instaladas y representa, por tanto, el potencial de ahorro y reducción de emisiones de todas las instalaciones hechas hasta la fecha, es decir, es válido como referencia anual para el año 2007 y siguientes, en que lógicamente aumentará ese «acumulado» en la medida que se seguirán instalando más planchas STYROFOAM. Se podría, por otro lado, calcular también un ahorro energético medio y una reducción media de emisiones equivalentes para el período 1979-2006. Posiblemente no fuera lejano de la mitad de lo estimado como «acumulado» hasta la fecha].

Como se indica más arriba, sería perfectamente viable, con la aplicación del CTE, duplicar los resultados anteriores de ahorro y reducción de emisiones.

Por consiguiente, en el uso de las planchas STYROFOAM™ se tiene una de las formas más sencillas y efectivas de colaborar en la lucha contra el Cambio Climático. Año tras año, gracias a su excelente comportamiento a largo plazo, las planchas STYROFOAM colaboran «silenciosamente» en el objetivo de la reducción del *Calentamiento Global* y en definitiva, de la mejora de las condiciones de vida. ■