© 1995-2025 by Isidoro Martínez

LA TERMODINÁMICA EN CASA

(Conferencia impartida por I. Martínez en la UPM-ETSIN el 31 de enero de 2001. Notas)

Consumo energético en el hogar 1
Calefacción 2
Cocina 3
Electrodomésticos. Etiqueta Energética 4
Limpieza 5
Refrigeración (aire acondicionado) 6
Iluminación 6

Termodinámica: parte de la física que estudia la generación y aprovechamiento de diferencias de temperatura y otras variables (presión, velocidad, concentración) que en un sistema aislado tenderían a equilibrarse. Introducción.

Hogar: (del lat. *focus*, fuego) sitio donde se enciende la lumbre. Casa.
Fuego: materia encendida en brasa o llama. Incendio.
Lumbre: (del lat. *lumen*, luz) fuego voluntariamente encendido.

Paleotecnología térmica hogareña

¿Desde cuándo usamos el fueg? Hay restos calcinados de piedras y huesos hace 1 500 000 años, pero fuego intencionado hace sólo unos 500 000 años.

¿Cómo se encendía el fuego? Básicamente por fricción lineal o rotatoria (como hoy se hace con la cerilla). También por chispa de piedra de sílex (como hoy se hace con el mechero de piedra, o por chispa eléctrica en el motor de tipo Otto, i.e. de gasolina). En algunos casos también se encendía por compresión de aire con un émbolo en un tubo ciego (como hoy se hace en el motor Diesel).

¿Para qué se usaba el fuego? Para luz, calor, cocinar, defensa, medicina, agricultura, cerámica, metalurgia, máquina de vapor, para ir a la Luna...

Consumo energético en el hogar

En el hogar se necesita energía para iluminación, calefacción, cocinar, mover aparatos, refrigeración, y entretenimiento (música, TV, internet). En la Unión Europea, en 2005, el consumo energético doméstico fue del 27%, detrás del transporte (31%) y la industria (28%), seguido muy de lejos por el sector servicios (11%).

El gasto medio familiar español en % de los ingresos se resume en la Tabla 1.

Tabla 1. Cesta de la compra (composición del IPC).

35% gasto en otros bienes	vivienda, vestido, menaje	
30% gasto en servicios	restaurante, cultura	

25% gasto alimentario	elaborados, frescos	
10% gastos energéticos	50% al combustible de automóviles u otro transporte (fuera del hogar)	
	50% al consumo de energía en la vivienda (luz y gas)	45% a calefacción 21% agua caliente sanitaria 16% electrodomésticos (frigorífico, TV) 10% cocina de alimentos 7% iluminación <1% aire acondicionado

El consumo de energía final en España por sectores, a grosso modo, es:

- 1/3 en los vehículos de transporte.
- 1/3 en la industria.
- 1/3 en el sector residencial, entre los hogares (un 20% del total) y en menor proporción el comercio y los servicios (escuelas, hospitales...).

Calefacción

En climas templados como en España (véase el clima en Madrid), el gasto en calefacción supone la mayor factura energética dentro del hogar. Calefactar es aportar calor para compensar las pérdidas al ambiente por el contorno. Lo más sencillo y económico es la combustión de un combustible con aire, que conviene que provenga del exterior (calderas estancas), ya que si no, hay que garantizar una gran ventilación del local, lo que incrementaría las pérdidas térmicas. En cualquier caso, al ser habitado, el local ha de estar ventilado para la respiración y salubridad.

Lo mejor en seguridad y comodidad sería que la combustión se realizase fuera del local y luego se introdujese la energía en el local, bien a través de la canalización de gases de escape (como en las antiguas glorias cretenses del s. XX a.C., bien a través de un intercambiador a un circuito de aire caliente, o, lo que es mejor por tamaños y ruidos, a través de un intercambiador a un circuito de agua caliente con 'radiadores' de pared, con caldera individual o colectiva a gas natural. Ya los romanos usaban calefacción por agua caliente en el s. II a.C., alcanzándose el máximo desarrollo en las termas de Caracalla (s. III). Se ha constatado que el control individual del sistema de calefacción, al igual que el de otros gastos, hace disminuir el gasto porque se nota más directamente su incidencia sobre el bolsillo y, voluntariamente, se pone más cuidad e incluso se acepta un menor confort.

Tabla 2. Procesos termodinámicos en el hogar.

	Calefacción	Cocina[a]	Limpieza[b]	Refrigeración[c]	Otros
Origen	500 000 a.C.	500 000 a.C.	S. XX	S. XX	S. XX (Ilum. 500 000 a.C.)
Funda-mento	Calor por combust. Elect. (bomba de calor)	Calor por combust. Electricidad	Disolvente y temperatura.	Compresión de vapor. Elect.	Ilumin. por combustión hasta el s. XX. Electricidad
Sistema	Instalación de agua caliente.	Ventilación. Humos	Agua corriente	Instal. de aire acond.	Instal. eléctrica. Instal. comunic.
Equipos	Chimenea	Cocina: • brasas	Agua Caliente	Ventilación	Luz: • candiles

	Gloria Brasero Estufa Caldera Radiador Suelo radiante Almohadilla eléctrica	• trébedes • cuencos • ollas y cazos • sartenes Fuegos, hornillos y hornos: • leña • carbón • petróleo • gas • alcohol (*fondue*) • eléctrico • resistencia • infrarrojos • inducción • microondas Chimenea Extractor de humos Tostador Freidora Sandwichera Cafetera Tetera Yogurtera	Termo Lavadora Secadora Tendedero Lavavajillas Ducha, sauna Secamanos Secapelo Aspiradora Vaporeta	Visera, toldo Ventilador Botijo Frigorífico Aire Acond.	• incandescente • fluorescente Plancha Humidificador Control térmico: • molinillos • TV • etc.

[a] Anécdota. Estando preparando esta conferencia, le pregunté a mi mujer: "¿Cuándo empezaría el hombre a cocinar?", y ella me contestó: "¡Querrás decir la mujer!".
[b] En 'Limpieza' sólo se han incluido procesos térmicos clásicos (básicamente lavar y secar), pero todo proceso de limpieza (como barrer con una escoba) entraña una concentración de contaminantes (para luego eliminarlos) cuyo coste último vendría gobernado por la variación de entropía.
[c] En 'Refrigeración' se han incluido también los sistemas pasivos de protección contra el calor.

Cocina

La cocina puede ser el sitio, el aparato, o el proceso (arte y técnica). Los alimentos se cocinan para que sean más digestivos (fisicoquímica), más inocuos (biología), y más apetitosos (olor).

Los procesos de cocina son procesos térmicos de materiales biológicos. Los procesos pueden clasificarse de diversas maneras:

- Según el tipo básico de proceso:
  - Físicos: calentamiento, enfriamiento, cambio de fase, mezcla, separación.
  - Químicos: disolución, separación, reacción química (e.g. caramelización, combustión).
  - Biologicos: anabiosis (preservación en frío o en seco), pasteurizado, desnaturalizado, esterilizado.
- Según su temperatura: <100 ºC (calentar platos, sopas instantáneas, infusiones), 100 ºC-200 ºC (hervidos), >200 ºC (sólo superficial: asado, grill, parrilla).
- Según la transmisión de calor: radiación de infrarrojos, convección por aire, convección por vapor, convección por agua líquida, convección por aceite, radiación de microondas.
- Según la fuente de calor: llama, eléctrica (resistencia, halógena, inducción).

- Según la mezcla de ingredientes: hervido (de verduras, pescado, arroz, pasta), sopa (líquido de un hervido de vegetales, carnes o pescados, con ingredientes propios o ajenos: e.g. con huevo, pasta, arroz), caldo (sopa sin tropezones), puré (sopa triturada), estofado (hervido de carne).
- Según el tamaño y forma de la pieza. Etc.

Un problema genérico, tanto en la cocina como en los elementos de calor o de frío, como en las aplicaciones médicas (fiebre), es el saber si el objeto está a la temperatura adecuada, para lo cual lo mejor es usar un termómetro adecuado (de superficie, penetrante, de infrarrojos), y no basarse en el peligroso método de tocar un poco con el dedo; por cierto que lo de humedecerse el dedo para tocar superficies muy calientes va muy bien porque la vaporización protege, pero es nefasto para tocar superficies muy frías porque la congelación del agua 'pega' el dedo al objeto y da lugar a una congelación superficial cutánea.

Cabe destacar como última novedad en aparatos de cocina el horno Microondas, que, aunque la patente data de 1947, se desarrolló en los 1970s. Se usa para calentar (e.g. la leche), recalentar (sobras), mantener caliente (retrasos), descongelar (se tarda minutos en vez de horas), cocinar (si tiene grill, todo menos freír).

En el otro extremo se puede citar la yogurtera, que no es más que un calentador eléctrico de baja potencia para mantener a unos 40 ºC tarros con leche a la que se ha añadido un poco de coagulante (*lactobacillus bulgaricus y streptococcus thermophilus*, normalmente de un yogur anterior). Al cabo de unas 4 horas ya ha coagulado (el carbohidrato lactosa se ha transformado en ácido láctico, más digerible), y el yogur se puede comer o mantener almacenado hasta unas 2 semanas en frigorífico (unos 6 ºC).

Electrodomésticos. Etiqueta Energética

Se acostumbra a dividir en:

- Pequeños electrodomésticos (o línea marrón), como estufas, tostadoras, aspiradoras, planchas, cafeteras, batidoras..., y todos los equipos de comunicaciones y ocio (radio, TV, PC...).
- Grandes electrodomésticos (o línea blanca), como el frigorífico, la lavadora, el lavavajillas, el horno, la cocina, la caldera...

Cada gran electrodoméstico vendido en la UE después de 1995 debe presentar en lugar visible su Etiqueta Energética, que informa sobre la eficiencia energética del aparato y su consumo medio anual con un código de letras (en Estados Unidos el código es de estrellas). Partiendo de un sistema de identificación por letras, la A significa que el aparato consume menos del 55 % del consumo medio de un aparato de similares características y volumen. La B equivale a un gasto de entre el 55 y el 75 % del consumo medio, la C entre el 75 y el 90%, la D entre el 90 y el 100%, la E entre el 100 y el 110% de consumo medio, la F entre el 110 y el 125%, y la G equivale a más del 125% del consumo medio en el año. Estos datos se consiguen sobre el consumo de energía en kWh por año testado sobre 24 horas de funcionamiento en condiciones de ensayo normalizadas, aunque lógicamente el consumo real dependerá siempre en último término del uso y la localización del aparato que decida el consumidor. Un frigorífico congelador de clase A consume aproximadamente 450 kWh de electricidad menos al año que un aparato de características

similares de clase G, proporcionando un ahorro en la factura eléctrica que puede llegar hasta las 8.000 pesetas anuales.

En 2012 la UE modificó las etiquetas energéticas de todo tipo de refrigeradores, lavadoras y lavavajillas, para añadir clases más eficientes que la A (A+, A++, A+++) y para introducir pictogramas que faciliten la comprensión de los datos.

Es importante tratar de secuenciar los grandes consumidores de potencia eléctrica (lavadora, lavavajillas, horno, plancha...) para distribuir mejor la curva de demanda y no tener que contratar una potencia pico excesiva (recuérdese que se paga por ambos conceptos: energía consumida, y potencia máxima contratada).

Casi todos los electrodomésticos (y casi todas las máquinas desde la de vapor) nacieron y se desarrollaron en USA, donde había poca gente y mucho trabajo, en el s. XIX, si bien no se popularizaron hasta mediados del s. XX.

Limpieza

Las tareas de limpieza en el hogar son las que más tiempo consumen al 'ama de casa', aunque los hombres no nos demos cuenta. Claro que todo depende del nivel de limpieza requerido; salvo remotas excepciones, sólo hay agua corriente y electricidad en grandes ciudades desde el XIX y en pequeñas desde el XX.

La limpieza (eliminación de substancias indeseables) suele estar basada en la aplicación de un portador (e.g. agua), potenciado con un disolvente (e.g. jabón o detergente), durante un cierto periodo, a una cierta temperatura. Hay que procurar la correcta combinación de portador, disolvente, tiempo y temperatura, pues cada uno tiene sus costes (económicos y medioambientales). Fue en 1907 cuando se introdujo el primer detergente, a base de perborato sódico (Persil).

Además de lo antedicho sobre etiqueta energética, está de moda la etiqueta "ecológica"; por ejemplo, según la UE, una lavadora ecológica es la que lava consumiendo menos de 0,23 kWh/kg_ropa y menos de 15 kg_agua/kg_ropa (las lavadoras suelen tener un motor de unos 300 W para remover la ropa y el agua, y un calentador de unos 2000 W).

Cabe destacar como última novedad en limpieza, la vaporeta, un aparato que proyecta un chorro de vapor sobre la zona a limpiar, desarrollado en Italia en los 1980s a partir de las cafeteras 'expresso'. Sirve para ablandar la suciedad y esterilizar. Los mejores resultados se obtienen pasando previamente una aspiradora para eliminar mecánicamente toda la suciedad posible (y que no se impregne en la pieza al pasar la vaporeta), pasando en segundo lugar la vaporeta, y acabando con otra pasada de la aspiradora para recoger la suciedad reblandecida y seca. Se usa vapor seco (i.e. sobrecalentado a más de la temperatura de saturación correspondiente a la presión de uso, e.g. a T>120 ºC para p=200 kPa), generado en un calderín de unos 2 kW a razón de unos 4 kg/h. Al estar el vapor sobrecalentado apenas empapa y hasta las alfombras secan en menos de 20 minutos. Lo más importante de la limpieza al vapor es que elimina olores y microorganismos sin necesidad de productos químicos y bactericidas (compárense, por ejemplo, los olores del planchado al vapor y los del fregado con amoníaco). Es ideal para rincones de difícil acceso

(persianas, cercos y juntas de ventana, radiadores, rejillas, raíles, rieles, lámparas, bajos y fondos de frigoríficos, sumideros, herramientas, juguetes, mobiliario de jardín, plantas, etc.) y materiales porosos (cortinas, alfombras, sofás, sillones, colchones, mantas, almohadas). Para la limpieza de artículos delicados se interpone un paño entre la pieza y el chorro de vapor, pero se pierde eficacia.

Refrigeración (aire acondicionado)

No nos detenemos aquí más que para apuntar los grandes ahorros que se conseguirían, tanto en aire acondicionado como en calefacción, con una buena arquitectura bioclimática y un control automatizado óptimo de las ganancias y pérdidas naturales (sol y aire exterior).

Iluminación

Para terminar, recordar que hasta finales del s. XIX sólo había iluminación artificial por combustión, y que incluso la iluminación eléctrica es mayoritariamente de emisión térmica. A propósito, ¿por qué los bulbos de vidrio de las bombillas incandescentes no pueden ser más pequeños, y los de las lámparas halógenas no pueden ser tan grandes?

(Es obvio que no se ha agotado con esta charla la Termodinámica del Hogar).

Back to index