

Gestión integral de energía en la edificación

O.Hernández, S.Gilarranz, D.M.Guinea., E.Villanueva, D.Martín, M.C.García-Alegre, L.Izco, D.Guinea,

Instituto de automática Industrial C.S.I.C. Arganda del rey, Madrid, España domingo@iai.csic.es

Palabras clave: Edificios de consumo cero, Hidrógeno, Pilas de combustible, Geotermia, Gestión integral

Presentación oral

INTRODUCCIÓN

Actualmente, nos encontramos en una situación de crisis de la energía, en la que el precio del combustible más utilizado, el petróleo, ha sufrido un aumento de coste desorbitado en los últimos años. El coste del petróleo ha pasado de 50 dólares/barril hasta 2003i, a alcanzar los 146 dólares/barril el 10 de julio de 2008. Los precios reales del año 2008 (teniendo en cuenta la inflación) son superiores a los que se alcanzaron en plena crisis del petróleo en 1973 y en 1979.

Esta enorme dependencia de los combustibles fósiles unida al incremento de la demanda en buena parte generada por el acceso de gran parte de la población a los usos de consumo occidentales. En nuestro país según se pueden establecer tres grandes sumideros de energía: el transporte con casi un 40% del total, la industria con algo menos del 30% y el resto en el que el consumo de los edificios tiene un peso muy importante.

(Miller 2004) establece que el porcentaje medio de uso en un país desarrollado tipo, de cada cien unidades de energía consumidas, solo el equivalente a 9 unidades de las 100 alcanza la aplicación requerida por el usuario, siete se concentra en materiales de alto contenido energético y el resto, hasta un total de 84 directamente se desperdicia en la extracción, transformación y transporte como producto o vector de energía. Cabe considerar que existe en la actualidad tecnología capaz de recuperar más de la mitad de esta energía actualmente desaprovechada.

Los esquemas de distribución de energía se heredan de una época de combustible barato y supuestamente inagotable. La infraestructura de las redes de distribución es costosa y de lenta evolución, lo que supone que una gran parte de los elementos que la componen no incorporan tecnologías de última hora y fueron diseñados con conocimientos hoy obsoletos y atendiendo más a limitar su coste de instalación que la eficiencia global del sistema. Si bien las actuales centrales de ciclo combinado ofrecen un rendimiento notable, muchas de las convencionales de carbón, fuel o combustible nuclear son de baja eficiencia.

A la limitada eficiencia del ciclo térmico en la central se le ha de restar el consumo en la extracción, procesamiento y transporte del combustible además del transporte, distribución y uso de la electricidad generada. Así, cada kW*h que alcanza el radiador que calienta nuestra vivienda consume 6kW*h de recursos primarios en combustible, sin considerar lo que se puede desperdiciar de esta preciosa fracción en la ventana abierta de una habitación excesivamente caliente o en la ventilación forzada por la normativa arquitectónica de la cocina; hechos que multiplican el mal uso de las fuentes disponibles.

FUENTES SOSTENIBLES

Una visión pesimista de esta situación con una eficiencia global del sistema entorno al 16% concluye que para aportar al usuario cada nueva unidad de energía es preciso la aportación de recursos por valor de seis. Por el contrario, el ahorro de una parte recuperada dentro del esquema evita la generación de seis, así como los problemas de todo tipo a ello asociados en cuanto a su coste, la contaminación, la disminución de las reservas. Esto supone que el empleo de las tecnologías existentes y el desarrollo de otras nuevas para incrementar la eficiencia energética es sin duda el mejor yacimiento energético para el inmediato futuro.

El sol es, con enorme diferencia 174.000 TW frente a 0,3TW de geotermia de alta temperatura y 3TW de energía gravitacional en las mareas, la fuente de energía más importante y mejor distribuida, a partir de la cual la vida precedente acumuló los hidrocarburos que hoy constituyen los combustibles fósiles y liberaron a la atmósfera el oxígeno que hoy respiramos.

Desde este punto de vista el gas natural, el petróleo, el carbón, el viento, las olas o los saltos de agua no son sino subproductos, etapas de degradación o concentración de una energía que tuvo su origen en los rayos del Sol. Es importante también hacer constar el elevado porcentaje que la superficie terrestre captura de la radiación solar incidente: aproximadamente la mitad como promedio y hasta un 90% en el gua profunda de lagos mares y océanos.

La energía que reciben directamente del sol los edificios en nuestro clima es muy superior a su consumo, si el consumo medio de una vivienda es de 109kWh/m^2 año la radiación solar supera los 1600. Ahora bien la distribución de la fuente día-noche e invierno-verano no coincide en modo alguno con la demanda de sus ocupantes para climatización, agua caliente, iluminación, electrodomésticos, etc.

Tradicionalmente se han empleado métodos pasivos tales como mejorar el aislamiento de la envolvente o aumentar la inercia térmica interior. El control activo de las aportaciones externas de energía suele reducirse a decisiones aisladas y frecuentemente de tipo binario como interruptores, termostatos, acción de bombas o ventiladores. Sin embargo, el flujo de energía en la construcción está determinado por un considerable número de variables de muy diversa naturaleza e interrelacionados entre sí de forma compleja.

Si bien se contemplan dos flujos energéticos de carácter general: el térmico y el electroquímico, ambos están interrelacionados por enlaces diversos y cada uno queda definido por múltiples variables susceptibles de ser medidas y en algunos casos controladas.

Este trabajo determina el conjunto de parámetros involucrados en una vivienda de consumo cero, para medida y control térmico y electroquímico, los esquemas de decisión que constituyen las estrategias de actuación y los mecanismos de optimización capaces de mejorar el comportamiento del edificio en función de los deseos de sus ocupantes.



CALOR Y FRÍO

La energía térmica (calefacción, refrigeración y ACS) que demanda una vivienda en nuestro país constituye en promedio un 70% de la demanda energética de la vivienda. La temperatura de climatización en la banda de confort ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$) se encuentra muy próximo al promedio estacional ($15\text{-}16^{\circ}\text{C}$) por lo que parece técnicamente fácil y eficiente el uso directo de la energía solar recibida sobre el edificio. Incluso el mayor salto requerido para el ACS o la conservación de los alimentos parece accesible puesto que la superficie la de cubierta alcanza fácilmente los 60°C en un día soleado de verano y varios grados bajo cero en una noche sin nubes del invierno.

La captura de estos niveles térmicos a través de un panel convencional, incluso directamente de la cubierta, no ofrece complejidad o coste, el problema estriba en su dificultad de transporte, almacenamiento o transformación para otros usos. En el tejado tenemos energía térmica en exceso pero parece que ha de emplearse donde, cuando y directamente para lo que se obtiene, calor en verano y frío en invierno.

A poca distancia de la superficie terrestre, inmediatamente si la cubrimos con un buen aislante, la temperatura "de pozo o bodega" es prácticamente constante y corresponde con el promedio anual en la zona. La conductividad térmica relativamente baja del terreno y su elevada masa proporcionan una enorme estabilidad térmica capaz de absorber tanto alteraciones diarias como las estacionales. La capacidad de almacenamiento térmico como calor sensible depende del calor específico del material aunque también de su densidad. Por ello la menor densidad másica del terreno frente a la acumulación convencional en agua se compensa con su mayor densidad y mucho menor coste de instalación.

Por otra parte, la banda de confort se encuentra en nuestro clima unos grados por encima del valor medio, que podemos considerar como referencia o cero local. La eficiencia o "coeficiente de operación" de una bomba de calor para climatización que utilice el subsuelo como foco primario es muy elevada ya que el salto térmico es mínimo. Sin embargo, en nuestro clima la aportación neta a lo largo del año no está equilibrada por lo que es preciso extraer más calor del terreno durante el invierno del que retornamos durante el verano. Por ello, existirá un enfriamiento progresivo del intercambiador subterráneo, a menos que la propia difusión del terreno lo compense por ejemplo mediante arrastre por la capa freática.

Un almacenamiento térmico selectivo y controlado mediante dos circuitos independientes es una solución técnicamente más eficaz. Dos circuitos independientes permiten gestionar el flujo térmico entre la envolvente y el subsuelo por separado al intercambio entre este y el interior del edificio. Así durante el

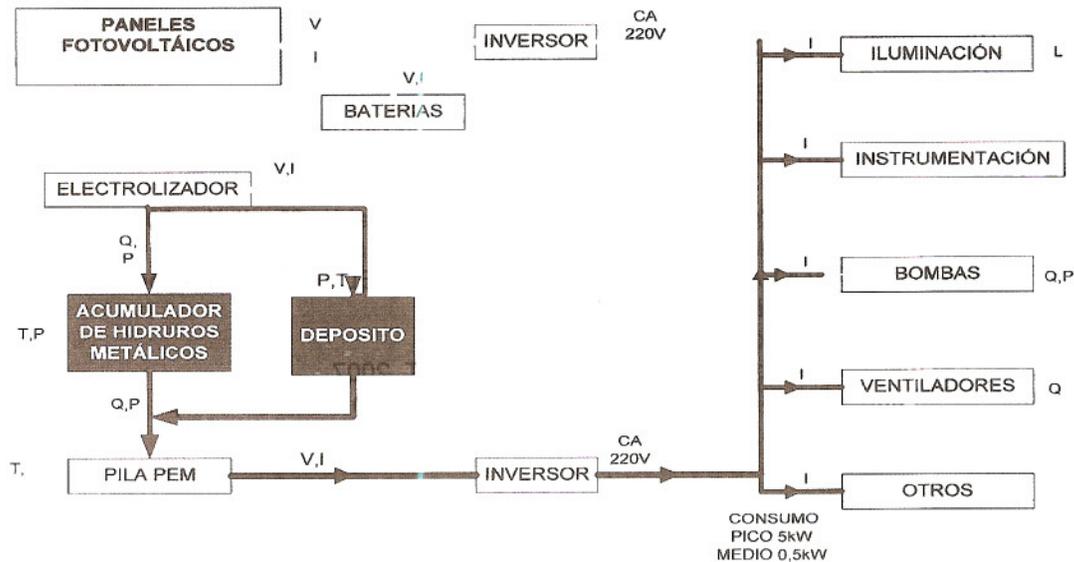
verano el calor de cubierta se almacena en una zona de terreno sobrecalentada mientras se utiliza otra zona fría para refrigerar el interior del edificio. Por el contrario durante el invierno el frío de la envolvente se guarda en la correspondiente zona del subsuelo al tiempo que el calor acumulado durante el verano es la base de calefacción.

ENERGÍA ELECTROQUÍMICA

El hidrógeno se puede producir a partir de cualquier fuente de energía renovable, convirtiéndola en energía eléctrica, que luego se utiliza para electrolizar el agua. Posteriormente el hidrógeno se almacenará en bombonas a presión, en forma de hidruros metálicos, o mediante métodos alternativos (almacenamiento criogénico, adsorción en materiales porosos, gasoductos, etc.). Finalmente, se utiliza convirtiéndolo de nuevo en energía eléctrica en una pila de combustible, con un alto rendimiento, para la posterior obtención de energía mecánica, o para cualquier otro fin (como la industria química).

El hidrógeno que se produce a partir de energías renovables se denomina hidrógeno verde, para diferenciarlo del que se obtiene a partir de combustibles fósiles. En cuanto a los sistemas de almacenamiento, los más comunes actualmente son las bombonas de hidrógeno gaseoso a presión y los hidruros metálicos. Las bombonas o tanques de hidrógeno gaseoso a presión constituyen un método sencillo y viable desde el punto de vista técnico. Necesitan una compresión previa del hidrógeno, que, si se comprime a 200 bares, corresponde a un 7,2% de la energía química del hidrógeno y luego rara vez se aprovecha su expansión. Presentan la ventaja de la rapidez de carga y descarga.

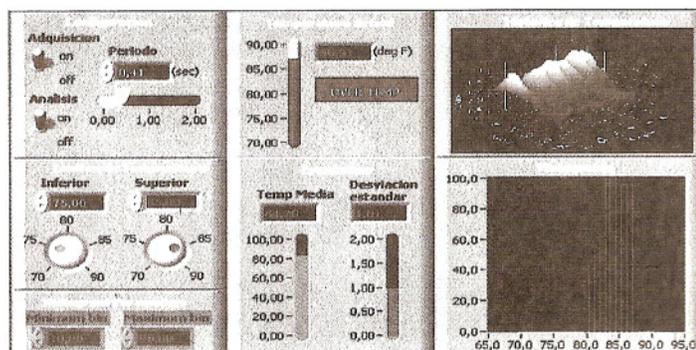
Por otro lado, las bombonas de hidruros metálicos, se basan en la formación de hidruros de un solo metal o de compuestos bimetálicos. Trabajan a presiones moderadas, del orden de los 10 bares. Poseen una velocidad de absorción y de entrega de hidrógeno bastante baja, lo cual tiene inconvenientes como una recarga lenta, pero entre sus ventajas se encuentra una mayor seguridad ante fugas.



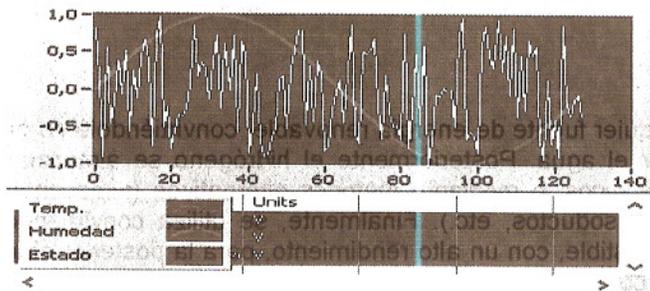
SUPERVISIÓN, CONTROL Y OPTIMIZACIÓN

Como soporte de la información se ha desarrollado una estructura electrónica jerárquica y multinivel con pasarelas físicas y lógicas a la mayor parte de los protocolos usados en domótica. El nivel inferior está configurado por los sensores y los actuadores (temperatura, caudal, presión, tensión e intensidad eléctrica, caudal y presión de hidrógeno, etc.).

Sobre este se establecen las restricciones del espacio de estados que pueden configurarse puntualmente como alarmas (umbrales admisibles en cada variable, combinaciones inaceptables, eventos a corregir, etc.) que disparan acciones o mensajes al interlocutor humano adecuado.



Un conjunto de tablas de decisión a intervalos permite el control directo mediante interrelación directa entre variables.



Los modelos analíticos usuales tipo PID configuran el siguiente nivel susceptible de autoajuste en los coeficientes de control. Un motor de inferencia capaz de utilizar variables univocas ("crisp") o ambiguas ("fuzzy") aproxima la determinación de las decisiones del control al lenguaje natural que permite la definición flexible de objetivos, criterios o estrategias de mejora y optimización.

AGRACEDIMIENTOS

Los siguientes proyectos han financiado el desarrollo y prototipos que aquí se resumen:

EXPOAGUA 2008 ZARAGOZA

MICINN P.S.E INVISIO Industrialización de la vivienda sostenible PSE-380000-2008-6

CSIC PIE Generación de hidrógeno a partir de residuos orgánicos Ref. 2004 8 0E 254

Diseño y realización de una nueva Pila de Combustible polimérica de bajo coste y alta eficacia". MCYT-ENE2005-09124-C04-02/ALT

Pila de combustible en una arquitectura inteligente de control para su integración en un sistema energético autosuficiente CICYT-ENE2008-06888-C02-02

REFERENCIAS

Rifkin, J., *The hydrogen economy*, Tarcher, New York, (2002)

Miller, G.Tyler "Living in the Environment: Principles, Connections, and Solutions", Brooks/Cole Pub Co, September 14th ed. (2006) ISBN-10: 0495015989

Hubbert, M.K., "Man's Conquest of Energy: Its Ecological and Human Consequences", in *The Environmental and Ecological Forum 1971-1972*. Washington D.C., U.S. Atomic Energy Commission Publication TID-25858, 1972.

IDAE, *Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable*, 2ª edición, 2007

Ballesteros, J.C., *Energía solar térmica para generación eléctrica: estado actual y perspectiva inmediata*, en *ENERGÍA SOLAR: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVA INMEDIATA*, Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI y Universidad Pontificia Comillas, 2007

Boyle, "Renewable Energy" Oxford University Press, 2004

López, J.Mª., "El medioambiente y el automóvil" Ed. DOSSAT, 2007

Menéndez, E. "El papel de las tecnologías en la gestión del Cambio Global" Dept. de Ecología UAM, enero, 2008

¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Oil_price_increases_since_2003#Mid_2008_increases