

## Magic Box – la caja mágica – vivienda solar autosuficiente

Ingenieros de Telecomunicaciones:  
IES Instituto de Energía Solar: Estefanía Caamaño,  
Miguel Ángel Egipto, Madrid  
CEDINT Centro de Domótica Integral:  
Luis Magdalena, Javier Jiménez, Madrid

Arquitectos:  
ETSAM: Javier Neila, César Bedoya, Alfonso García,  
Madrid

La Universidad Politécnica de Madrid ha sido seleccionada para participar en el Solar Decathlon 2005, un concurso internacional de diseño, construcción y demostración de una vivienda solar autosuficiente: un prototipo bioclimático que cuente con tecnología de aprovechamiento solar y domótica. El objetivo de la propuesta de la escuela madrileña es el de la calidad de vida: la calidad del aire, el confort térmico, la humedad y la adecuada distribución de temperaturas en el interior. Pretende minimizar las necesidades energéticas y permitir el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones para el mantenimiento de las variables de confort y la gestión energética.

Plantas  
Escala 1:250

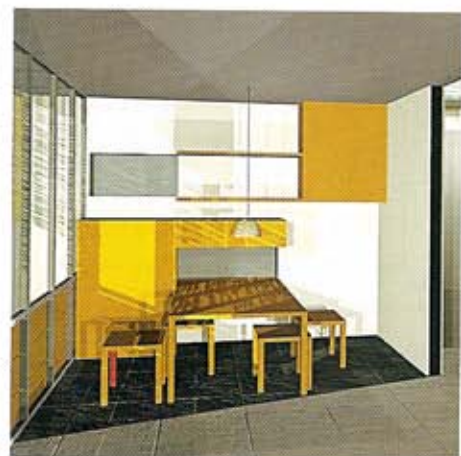
- 1 Interior de la vivienda
- 2 Primera estimación de los equipos a alimentar especificados en las bases del concurso, según estudio de mercado realizado en el contexto del proyecto entre los equipos de máxima potencia
- 3 Características principales de los generadores fotovoltaicos e inversores
- 4 Perspectiva general de Magic Box
- 5 Configuración fotovoltaica. Red eléctrica local: Baterías conectadas a sendos inversores bidireccionales a la que se conectan 6 generadores fotovoltaicos independientes, conectados cada uno de ellos a su correspondiente inversor
- 6 Planta de la vivienda (disposición plegada)
- 7 Planta de la vivienda (disposición abierta)

Magic Box es una vivienda de escasos 70 m<sup>2</sup> que se integra en un solar de unos 500 m<sup>2</sup> y su volumen se confina dentro de los límites de un sólido hipotético de forma piramidal y altura inferior a 5,5 m, con el fin de evitar posibles sombras sobre edificios colindantes. Es una vivienda flexible, evitando estancias cerradas, pequeñas y exclusivas, incluyendo una oficina. Todos los ámbitos de la vivienda se unen entre sí para conformar un espacio único y amplio (Fig. 6, 7). No obstante, la casa también puede ser fragmentada en habitaciones independientes, de modo que cada recinto pueda aislarse y utilizarse con fines específicos (vivir o trabajar) y un carácter más íntimo.

La filosofía de versatilidad y flexibilidad del espacio interior trasciende igualmente al exterior, pues la casa puede volcarse hacia fuera mediante áreas tan ambiguas como enriquecedoras. Así, las habitaciones se conectan con el exterior mediante terrazas, porches, jardines, patios e invernaderos.

### Una casa bioclimática

La cubierta es el principal sistema captador y transformador de energía. Ésta se eleva sobre diferentes planos, en forma de estructura diáfana que permite apreciar su base de apoyo o cualquier elemento vegetal que haya debajo, provocando un efecto de sinceridad constructiva, transparencia y diversidad. Su aspecto se transforma según la luz incida sobre ella por encima o por debajo, dando lugar a una imagen cambiante, rica en matices (Fig. 4). En la fachada este no es recomendable que aparezcan huecos, ya que en invierno no se producen captaciones y en verano no son deseables. No obstante, una protección apropiada puede permitir la entrada de luz al amanecer, en los momentos aún condicionados por el frescor de la noche. Lo mismo ocurre con la fachada oeste, donde se han introducido pequeñas aberturas en las estancias (cocina y comedor) que parecen necesitar relacionarse con el exterior (vistas y acceso). El proyecto incorpora además las plantas dentro del edificio, y otras partes ajardinadas que se sitúan a su alrededor e incluso



sobre la cubierta, protegiendo la fachada que más lo necesita en detrimento de la máxima captación fotovoltaica. La cubierta ecológica se realiza a partir de especies autóctonas que no precisan de siembra, mantenimiento, abonado, poda o siega alguna, en las que el riego se autoabastece con la lluvia y un correcto sistema de recogida en aljibes diminutos. La vegetación absorbe la radiación solar incidente y la convierte en biomasa, o bien disipa mediante mecanismos de evapotranspiración, sin sobrecalentar la cubierta ni, por tanto, el edificio. El sistema ayuda a respirar a la vivienda, regula la temperatura en su interior, produce oxígeno y absorbe gases contaminantes (CO<sub>2</sub>), con evidentes beneficios para su entorno. Los módulos fotovoltaicos se riegan regularmente con el fin de mantener su limpieza y cromaticidad, a la vez que se mejora su comportamiento. La vegetación desempeña igualmente una función de protección cálida e inteligente para la fachada oeste, una cortina vegetal que puede desplazarse y adoptar distintas posiciones, para ver a través de ella o protegerse completamente del sol. Para completar el sistema de captación de energía de la vivienda, ésta cuenta con tubos de vacío como colectores térmicos, que facilitará el empleo del calor solar más allá de su aplicación en la obtención de agua caliente y calefacción. La distribución de la energía captada se realiza fundamentalmente por medio de la cubierta inclinada. Su estructura formal permite que el aire caliente se desplace desde la fachada captadora hasta el otro extremo de la vivienda por convección natural, estabilizando la temperatura en escasos minutos. Además el patio se convierte en una de las piezas fundamentales de la estrategia bioclimática del edificio. Se implanta sin afectar al funcionamiento de la vivienda en invierno ni a la propia funcionalidad del espacio, ya que se ha resuelto mediante la posibilidad de abrirlo y cerrarlo a conveniencia. En un momento determinado, el estar se desplaza, abandonando su posición imbricada y compacta dando origen a un patio interior; mientras que el volumen ple-

Equipo	Uso diario (h)	Consumo medio diario (Wh)	Uso semanal (d/s)
Lavadora	--	1020	3
Lavavajillas	--	500	4
Secadora	--	2700	4
Cocina	0,6	600	7
Campana	0,40	72	7
Extractor			
Refrigerador	--	960	7
Microondas	0,5	400	7
TV	5	425	7
DVD	22,5	57	5
Servidor web	24	35	7
Impresora oficina	0,5	67	6
Escáner oficina	0,3	1200	6
Iluminación	6	10	7
Monitorización	24	4	7
Termo	0,3	480	--
2 HVAC	6	360	--

### Generadores fotovoltaicos

	1 y 2	3 y 4	5	6	Total
Inclinación (°)	14	25	39	90	---
Superficie (m <sup>2</sup> )	12,8	11,8	6,8	7,5	23,4
Potencia (W)	1650	1540	880	850	8110

### Inversores

	1 a 4	5	6	7 y 8	Total
Potencia (W)	1700	1100	700	4500	17600
Características	C. Red	C. Red	C. Red	Bidireccional	



gado inicial, de bajo factor de forma, es más adecuado para el invierno.

Unas sustancias confinadas bajo el suelo de la casa y una corriente de aire inducida que se encarga de cargarlas y descargarlas de energía, resuelven el sistema de acumulación energética del edificio. En verano, además de los elementos de protección solar, el edificio se acondiciona con el frescor del aire de la noche. Durante esas horas, las sustancias cambian su estado de líquido a sólido acumulando energía. Por la mañana, cuando la temperatura exterior ya no es confortable, se cierran los huecos exteriores y se hace recircular el aire interior a través de las sustancias que han acumulado el frescor de la noche. A lo largo del día, éstas retoman al estado líquido, absorbiendo calor del interior de la vivienda y proporcionando la temperatura de bienestar. En condiciones de invierno, el calor captado directamente por los huecos o retenido en los pequeños invernaderos de la fachada sur, junto con el procedente de las cargas internas producidas por los ocupantes y equipamiento de la vivienda, se hace circular por las sustancias de acumulación, que pasan de estado sólido a líquido almacenando calor a una temperatura estable, la misma a la que se recupera cuando es necesario, en forma de aire caliente.

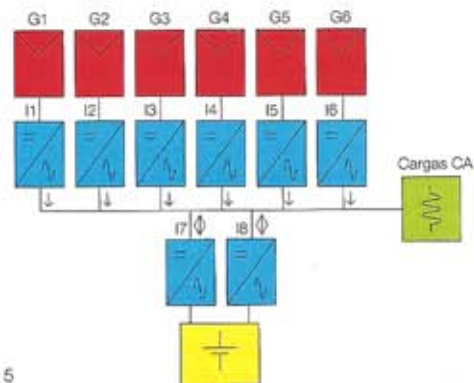
El acabado de las fachadas es cerámico, material elegido por su baja carga energética, que unida a su posible reutilización, lo convierte en un material claramente sostenible, a pesar de no ser reciclable. Junto con la cubierta la fachada ventilada cerámica reducirá cualquier efecto térmico de la radiación sobre la piel del edificio. Los acabados interiores por su parte cumplen dos funciones: ofrecer a los usuarios la calidez propia de una vivienda y actuar como acumuladores energéticos de la radiación que incide sobre ellos (Fig. 1). El más importante es el del suelo, material cerámico o pétreo para proporcionar el carácter buscado y facilitar un calentamiento rápido. Otro rasgo fundamental de los materiales ha ser su capacidad para reflejar la radiación y convertirla en luz y calor.

*El sistema solar fotovoltaico*

Partiendo de una primera estimación de necesidades a las que hubo que añadir la alimentación diaria de un automóvil con capacidad para cuatro personas (Fig. 2), el proyecto presenta el máximo número de módulos disponibles, permitiendo cierta flexibilidad en su disposición, y limita la probabilidad de fallo en el suministro de electricidad durante el mes de la competición al 1%. A diferencia de una configuración típica – esto es, aislado de la red eléctrica, tal y como establecen las bases del concurso – en la que se distinguen el generador fotovoltaico, el bloque de acondicionamiento de potencia y la acumulación de energía, Magic Box presenta unas agrupaciones de módulos fotovoltaicos con cuatro ángulos de inclinación diferentes (12°, 25° y 39° para los módulos integrados en la cubierta, y 90° para los de la fachada) (Fig. 5). Al recibir diferente radiación solar, generan diferente potencia en cada momento por lo que deben adoptar una configuración modular que permita extraer en cada momento la máxima potencia eléctrica disponible. La tabla de la figura 3 muestra las características principales de los generadores fotovoltaicos y equipos inversores. Al comienzo del día, los generadores fotovoltaicos y sus correspondientes inversores producen la potencia eléctrica que sirve, bien para alimentar las cargas eléctricas, bien para cargar las baterías para un uso posterior. La instalación fotovoltaica incorpora además otros equipos responsables de garantizar la seguridad de las personas (protección frente al choque eléctrico), así como de los equipos a alimentar y la propia instalación, en cumplimiento de la normativa aplicable.

*Sistema de control, domótica y servicios del hogar digital*

La instalación domótica de la vivienda permite la gestión óptima de la energía. Para ello el proyecto ha implementado el sistema sobre la capa física de la norma RS485, lo que, si bien obliga al diseño de los elementos sensores y actuadores a medida, ofrece a cambio la ventaja de un gran alcance de

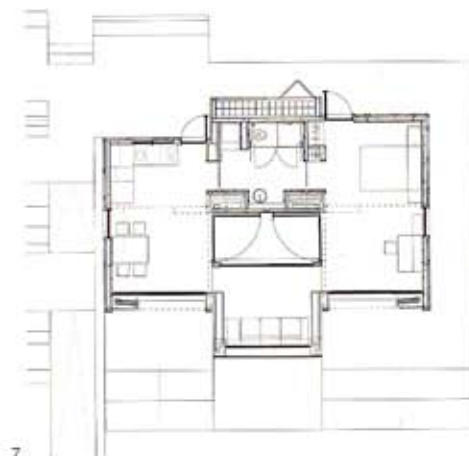


5

la red de comunicación y la versatilidad de desarrollar un sistema de control/actuación adaptado a las necesidades del proyecto en cada una de las fases (construcción y pruebas, concurso y fase de investigación posterior). Además se ha definido un protocolo de tramas ASCII con protección suficiente para garantizar la calidad de la transmisión y una serie de comandos que permiten el diálogo y el control de los diferentes elementos. El sistema de control, a excepción de los sensores y actuadores, reside en un ordenador central, que dispone de una interfaz gráfica que permite visualizar el estado de cada uno de los elementos del sistema de control.



6



7