

NUEVOS MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN PARA ESTUDIAR EL FUNCIONAMIENTO DE CASAS SOLARES: EL TRABAJO CON MODELOS A ESCALA PARA COMPROBAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, LOS CONCEPTOS ESTRUCTURALES Y LOS PROCESOS DE MONTAJE/DESMONTAJE

Lauret Aguirregabiria, Benito*(1), Cerezo Miguel, Jesús (1), Giménez Molina, Carmen (1), Ovando Vacarezza, Graciela (1)

1. Introducción

Uno de los principales inconvenientes en la investigación en tecnología arquitectónica es su elevado coste, directamente relacionado con el tamaño de los edificios. Incluso el de una pequeña casa supone un importante condicionante. Este inconveniente también se da en la aviación y la navegación. En cambio en el sector del automóvil su menor tamaño hace no solo sea que sea más fácil la construcción de prototipos sino su experimentación y su transporte a diferentes lugares para su ensayo y exhibición. Además en el sector de la competición se desarrollan prototipos que sirven para ensayar nuevas tecnologías en el campo del automóvil. Un ejemplo notable de ello es el kart de pila de combustible de hidrógeno desarrollado por la Escuela de Universitaria Politécnica de la Almunia de Doña Godina, Zaragoza.



Kart de hidrógeno de la Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia de Doña Godina, Zaragoza (www.eupla.unizar.es).

No existe un paralelismo por tanto entre esta investigación en el sector del automóvil, que se beneficia de la competición, y el sector de la construcción, si bien experiencias como el concurso americano SOLAR DECATHLON parecen indicar lo contrario (www.solardecathlon.org). En efecto en este concurso compiten veinte universidades con prototipos de casas reales, con objeto de demostrar no solo la calidad de su diseño sino también sus prestaciones, muy especialmente en el campo de la eficiencia energética. Así, estos prototipos deben generar su propia electricidad y agua caliente sanitaria mediante instalaciones de captación solar fotovoltaica y solar térmica. A su vez deben ser racionales en su consumo energético incorporando otros criterios pasivos como son la captación solar directa con ventanas al sur y la reducción de pérdidas en la envolvente.



Concurso americano SOLAR DECATHLON para casa solares, que se celebra en Washington D.C. cada dos años.

La investigación en este tipo de prototipos es de primer interés por su aportación al desarrollo de viviendas sostenibles, es decir que contribuyan a la reducción de emisiones de CO₂. Sin embargo el principal inconveniente de este procedimiento de investigación es su elevado coste, ya que cada uno de estos prototipos puede costar entre 500.000 y 2.000.000€.

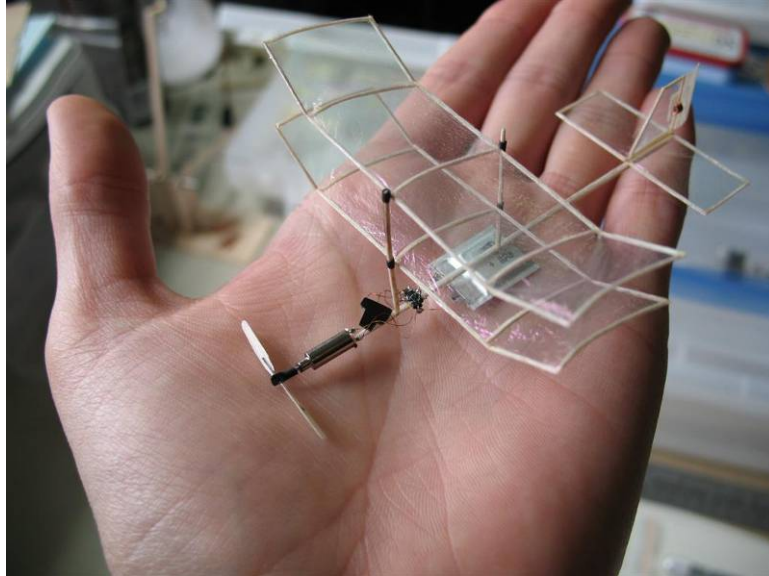
2. La miniaturización

Es evidente que vivimos en la era de la miniaturización. Baste con pensar en las funciones que incorpora en la actualidad un teléfono móvil y en las que se prevé que incorpore a corto plazo.

Lo más interesante de ello es el abanico de posibilidades que gracias a ello está a disponibilidad por ejemplo del aeromodelista, por citar un campo en el que es posible la autoconstrucción de máquinas complejas con dispositivos electrónicos activos y programables. Es decir no parece imposible a priori el realizar una domótica a escala, ya que por lo menos la pequeñez de los dispositivos básicos y su precio descendente lo hacen posible. Por ejemplo: ya es posible equipar una maqueta con una pantalla plana miniatura en color representando la de una a escala real (100€).

Además es posible encontrar en Internet tiendas virtuales que proporcionan casi cualquier aparato en miniatura. Por ejemplo micro placas solares, micro servomecanismos, micro receptores de radio sin interferencia, micro motores, micro cámaras, iluminación LED, etc.

Ya se comercializan aviones de juguete de radio control de un peso inferior a 7 gramos. En los foros de radio control se pueden encontrar aviones de peso inferior al gramo (<http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=597279>).



Avión de radio control de peso inferior a 1 gramo.

3. Beneficios de la investigación con modelos a escala

Actualmente es posible reducir drásticamente los costes de investigación en tecnología arquitectónica aplicando nuevas técnicas de experimentación prestadas de la investigación aeronáutica. En efecto, la necesidad de reducir costes así como de maximizar los resultados experimentales, ha llevado a la industria aeronáutica al desarrollo de programas experimentales utilizando modelos a escala completamente funcionales y cuidadosamente instrumentados. La miniaturización de la electrónica permite a estos aviones a escala incorporar toda clase de sensores y ordenadores a bordo para obtener, procesar, transmitir y almacenar igualmente todo tipo de datos experimentales.

Merece la pena aquí recordar algunos de los éxitos cosechados por este método en aviación que dan fe de la efectividad del mismo. Por ejemplo, es muy interesante señalar cómo los ensayos de Arthur M. Young en 1941 con modelos a escala permitieron la construcción del primer modelo comercial de helicóptero de la empresa Bell, el Bell-47 (www.arthuryoung.com). Young resolvió problemas con sus modelos a escala que Igor Sikorsky no había logrado resolver con modelos a escala real. Ello dio lugar por ejemplo al invento actualmente utilizado de la barra estabilizadora (flybar).

En 1996 la Universidad de Carolina del Norte desarrolló un programa de investigación del avión F/A-18E/F con un modelo a escala del 17,5%, con objeto de obtener datos para la validación del software de simulación. Este modelo incorporaba doce ordenadores a bordo, despegando y aterrizando por radio control, y permitió la obtención de datos prácticamente imposibles de obtener en túnel de viento o con programas de simulación. El coste del modelo a escala resultó ser de una centésima parte comparado con el avión real y además no arriesgaba la vida del piloto (www.mae.ncsu.edu/research/flight_research/f18/about.html).



A la izquierda modelo de helicóptero a escala de Arthur M. Young. A la derecha modelo a escala del F/A-18E/F de la Universidad de Carolina del Norte.

Igualmente se han realizado modelos a escala de aviones impulsados por energía solar, como el Helios de la NASA en 2001, para poder comprobar a priori sus características de vuelo, al tratarse de diseños novedosos poco probados con anterioridad (www.nasa.gov/centers/dryden/home/index.html).



Dryden Flight Research Center EC97-43931-26 Photographed Feb1997
As crewmen jog or cycle alongside, a quarter-scale flying model of AeroVironment's Centurion flying wing rolls across a dry lakebed during pre-flight taxi tests. (NASA/Brent Wood)



Dryden Flight Research Center EC97-43931-10 Feb1997
Centurion designer Bill Parks and pilot Wyatt Sadler go over the checklist for a test flight of the quarter-scale flying model of the Centurion solar-powered flying wing. (NASA/Brent Wood)



Dryden Flight Research Center EC97-43931-12 Feb1997
The teaming of NASA with private industry in the ERAST Alliance is illustrated by the logos on the support pole of AeroVironment's Centurion flying wing subscale model. (NASA/Brent Wood)

Avión solar Helios de la NASA, y modelo a escala de radio control.

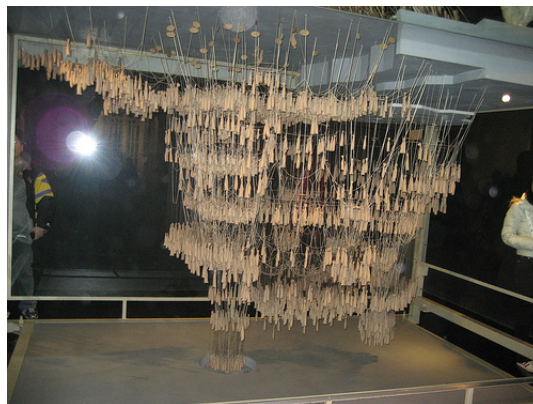
En 2007 se ha realizado el prototipo X-48B del futuro avión de pasajeros de la Boeing, denominado Blended Wing Body, a una escala del 8,5% para explorar las características de vuelo de este diseño, muy especialmente el aterrizaje y el despegue, con una perspectiva a veinte años vista. El prototipo ha sido construido por Cranfield Aerospace para el Nasa Dryden Flyght Research Center.



Prototipo X-48B a escala 8,5% del futuro avión de pasajeros de la Boeing.

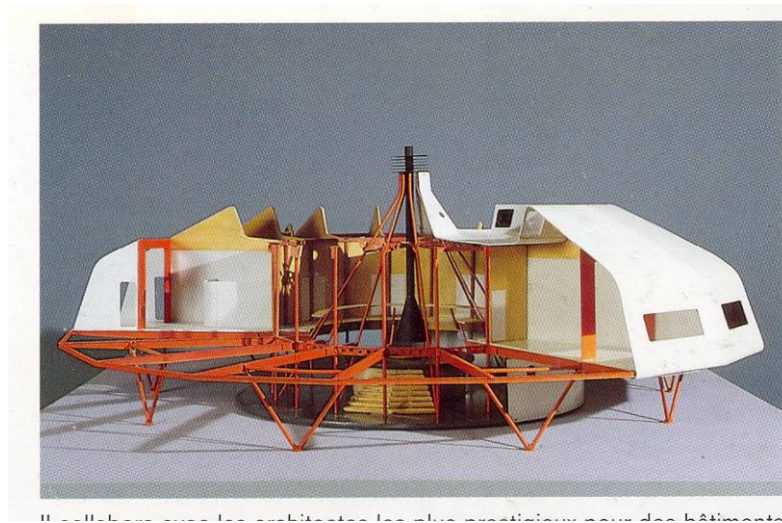
4. Investigación con modelos a escala en tecnología arquitectónica

Es conocido el empleo de maquetas por los constructores góticos para comprobar empíricamente los conceptos estructurales empleados en sus catedrales. Igualmente nuestro gran maestro Antoni Gaudí tenía un taller donde realizaba modelos a escala de todo tipo para comprobar sus soluciones técnicas, siendo especialmente famosos sus modelos de cuerdas con pesas.



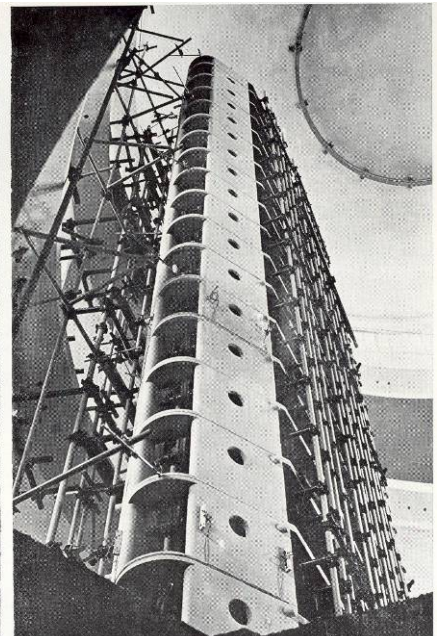
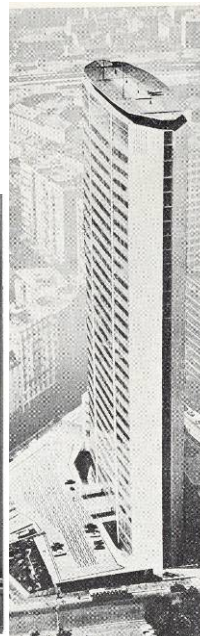
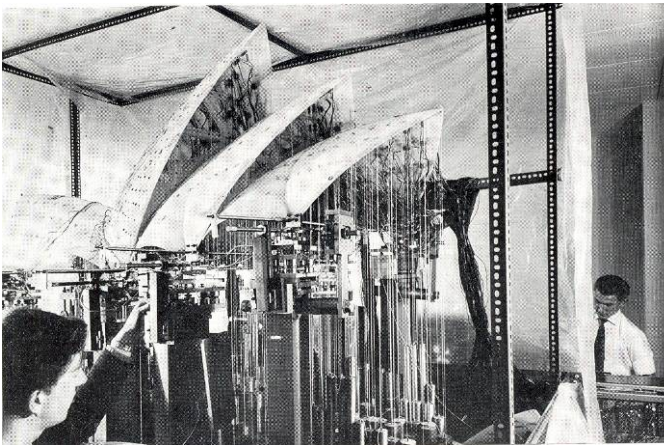
Modelo estructural de Gaudí con cuerdas y pesas.

Jean Prouvé también realizaba maquetas que reflejaban los componentes de su construcción industrializada. Como precursor de la posterior construcción de alta tecnología británica ya utilizaba modelos a escala para comprobar sus conceptos tecnológicos.



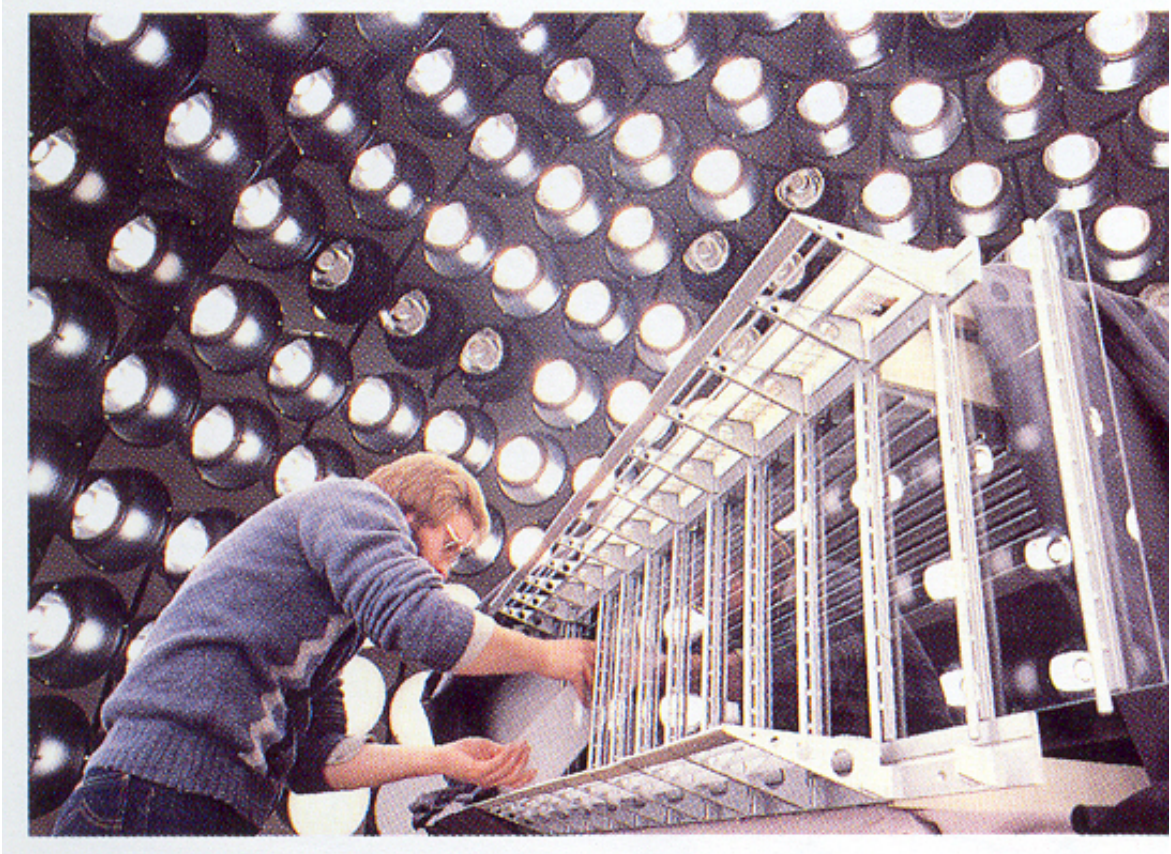
Modelo a escala de Jean Prouvé.

En la década de los setenta se desarrolló mucho el estudio con modelos a escala en el aspecto estructural. Heinz Hosdorf (Hosdorf, 1972) publicó su libro sobre investigación con modelos reducidos, en el que se muestran modelos estructurales de edificios tan conocidos como la ópera de Sydney o la Torre Pirelli.



A la izquierda modelo estructural a escala de la ópera de Sydney. A la derecha modelo de la torre Pirelli.

Igualmente Norman Foster encargó estudios de iluminación natural para su torre del banco de Hong Kong, realizados con un modelo a escala dentro de una instalación llamada "cielo artificial", de Bartenbach Wagner, capaz de reproducir las diferentes condiciones de luz diurna (Foster, 1989).



Modelo a escala de una parte del banco de Hong Kong en el "cielo artificial" de Bartenbach Wagner.

5. Un modelo a escala funcional de una casa solar

Se propone aquí la idea de utilizar modelos a escala completamente funcionales de prototipos de casas solares como los del concurso SOLAR DECATHLON. La justificación de ello está en las siguientes consideraciones:

- El concurso Solar Decathlon, en el que ya ha participado España dos veces, representada por la Universidad Politécnica de Madrid, y muy concretamente por la Escuela de Arquitectura, se está convirtiendo en un estándar porque permite comparaciones objetivas entre prototipos y las soluciones empleadas en los mismos. Además su investigación se centra en la eficiencia energética de la vivienda, elemento clave de su sostenibilidad.
- El coste de los prototipos de concurso a escala real es muy elevado, lo que suele influir negativamente hacia el descarte de propuestas arquitectónicas audaces.
- El empleo de modelos a escala completamente funcionales puede servir como una fase del proceso de adquisición de conocimiento para un prototipo de concurso. También puede proporcionar datos aplicables a la optimización energética de viviendas comerciales.

El objetivo es hacer un modelo a una escala suficiente (1:6) que permita incorporar instalaciones funcionales así como dispositivos de control inteligente (domótica),

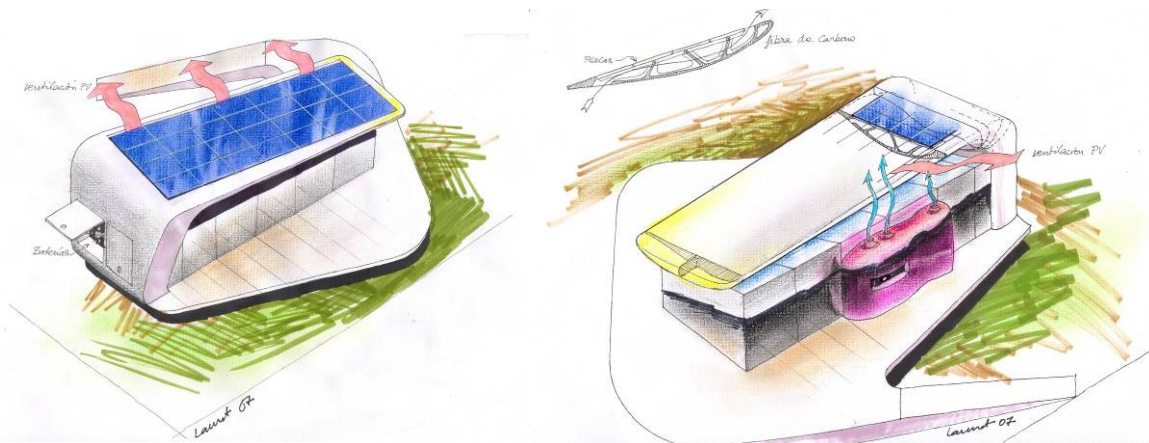
gracias a la miniaturización, con el fin de experimentar el comportamiento energético del modelo tanto en lo que respecta a las instalaciones de captación solar, como a la eficiencia energética pasiva y activa de cerramientos en condiciones climáticas reales.

Se trata por tanto de un modelo que debe estar equipado con placas fotovoltaicas, baterías, placas de agua caliente, termo tanques, gestión inteligente de consumos, sistema de monitorización de temperatura y humedad, gestión inteligente de cerramientos activos (persianas motorizadas, cámaras de agua) y consumos secundarios de iluminación, calefacción, pantallas y otros equipos eléctricos.

Se plantea por tanto un nuevo concepto de investigación del comportamiento energético en arquitectura, que sirve de apoyo a los programas de simulación informática sobre consumos energéticos, aún en fase temprana de desarrollo. La máquina de vivir enunciada por Le Corbusier se convierte finalmente en una verdadera máquina que puede desarrollarse a imagen y semejanza de otras máquinas actuales.

Pero tal vez uno de los objetivos más importantes es hacer posible el estudio de soluciones arquitectónicas audaces que además deben ser eficientes, a bajo coste, lo que permitirá abordar esta investigación incluso a las universidades con menos medios económicos.

El equipo de autores de este texto ha comenzado la construcción de un modelo a escala 1:6 de una casa solar inspirada en el anteproyecto enviado a Washington para la casa solar de la UPM del concurso SOLAR DECATHLON 2007. Este anteproyecto fue desestimado por diversas razones en favor del proyecto que definitivamente concursó. Sin embargo la audacia de las soluciones planteadas en el prototipo inicial hace muy atractivo su estudio. Entre sus características cabe destacar: cubierta en voladizo exenta (ala de avión) de 12m, habitáculo totalmente acristalado, célula húmeda (baño y cocina) modular.



Anteproyecto de casa solar del equipo de la UPM para el concurso SOLAR DECATHLON 2007.



Imágenes del progreso del modelo a escala 1:6 que realiza en la actualidad el equipo de autores en la ETSAM

6. Conclusiones

El estudio experimental con modelos a escala puede proporcionar información de alto valor en varios campos como son:

- Nuevos conceptos estructurales.
- Estudio de la eficiencia energética de una vivienda.
- Integración arquitectónica de instalaciones fotovoltaicas.
- Construcción modular de viviendas, procesos de montaje y desmontaje.
- Nuevos elementos estructurales de vidrio.
- Nuevos sistemas de envolvente de vidrio.
- Sistemas domóticos de gestión energética.
- Ajuste de software de simulación energética.

Por otra parte entre los beneficios que se derivan de la ejecución de un prototipo funcional a escala de una casa solar pueden estar:

- Exploración de soluciones arquitectónicas audaces.
- Reducción de tiempos y costes de investigación.
- Facilidad de transporte y exhibición en diversos foros.
- Aprovechamiento educativo en la formación de futuros investigadores.
- Aprovechamiento divulgativo en su presentación pública en ferias y publicaciones.

7. Bibliografía

FOSTER, Norman. Buildings and Projects, vol. III. Londres: Watermark, 1989. ISBN 962-7274-03-8.

GIRALT-MIRACLE, Daniel (dir.). Gaudí. La búsqueda de la forma. Barcelona: Ayuntamiento de Barcelona, Institut de Cultura, Lunweg Editores, 2002. ISBN 84-7782-724-9.

HOSSDORF, Heinz. Modelos reducidos, método de cálculo. Madrid: IETcc, 1972.

Páginas web:

www.mae.ncsu.edu/research/flight_research/f18/about.html

www.nasa.gov/centers/dryden/home/index.html

www.arthuryoung.com/about.html

www.solardecathlon.org

www.eupla.unizar.es

