



# **La habitación radiante. Distorsiones, avances y solapes tipológicos de la vivienda moderna en la carrera solar** The Radiant Room. Distortions, Improvements and Typological Overlaps of Modern Housing along the Solar Race

Nieves Mestre, Eduardo Roig

Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica, Madrid

Traducción [Translation](#) Nieves Mestre

## **Palabras clave** [Keywords](#)

Arquitectura solar, casa autónoma, diseño bioclimático, invernadero, Movimiento Moderno. [Solar architecture, autonomous house, bioclimatic design, greenhouse, Modern Movement.](#)

## **Resumen**

La primera casa alimentada exclusivamente por energía solar fue diseñada, o más bien ensamblada, en 1939 por los ingenieros del MIT sin intervención de arquitectos. Casi en idéntica fecha y también en Massachusetts, Walter Gropius y Konrad Wachsmann patentaban el primer prototipo prefabricado para una casa solar pasiva. La desconexión de ambos modelos habla de la divergencia histórica entre dominancia tecnológica y experimentación tipológica, entre las tradiciones de los modelos activos y los sistemas pasivos de control ambiental. El espacio habitable y las instalaciones establecieron así las bases de una convivencia estéril que no serán reformuladas hasta el fin de la Segunda Guerra Mundial. El texto revisa el debate entre el 'eco-manierismo' y el racionalismo ecológico inaugurado entonces, y propone su vigencia en el debate contemporáneo.

## **Abstract**

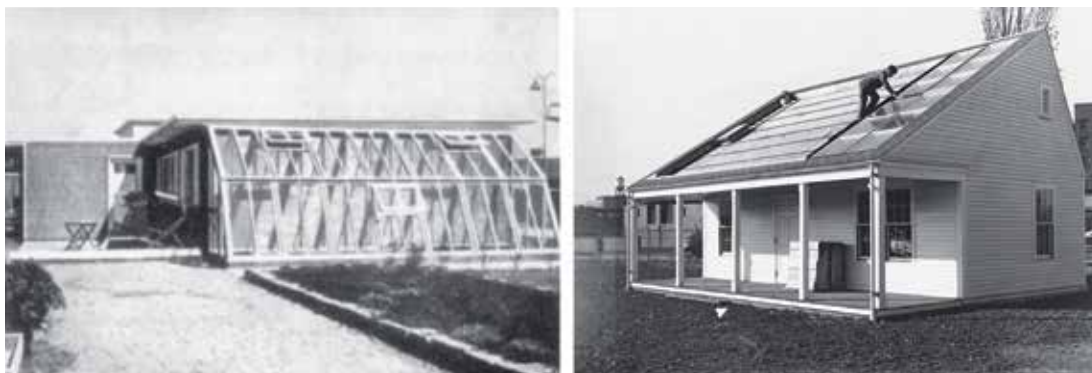
The first house exclusively powered by solar energy was designed, or rather assembled, in 1939 by MIT engineers without the intervention of any architect. Almost on the same date and also in Massachusetts, Walter Gropius and Konrad Wachsmann patented a prefabricated prototype for a passive solar home. The disconnection of both prototypes speaks of the historical divergence between technological dominance and typological experimentation, between the traditions of the active and the passive traditions of environmental control. Both living and support space established the basis of a sterile coexistence that will not be reformulated until the Second World War. The text revises the debate between 'eco-mannerism' and ecological rationalism inaugurated at that time, proposing its validity in contemporary debate.

**Casas solares e invernaderos modernos.** La introducción del vidrio como material predominante durante la Modernidad implicó una primera disolución visual de los límites entre exterior e interior, pero también motivó una serie de efectos termodinámicos que motivaron ulteriores transformaciones tipológicas. Empleado en grandes volúmenes empezó a manifestar sus inconvenientes climáticos, forzando el empleo de sistemas mecánicos de acondicionamiento con la consiguiente separación entre clima interior y exterior. Pero a escala doméstica los beneficios del efecto invernadero fueron también advertidos por los pioneros del Movimiento Moderno en una fértil investigación tipológica.

Numerosas experiencias en Europa, Rusia y Estados Unidos a partir de los años treinta acreditan el interés por las capacidades heliotérmicas del Estilo Internacional. Pero quizá fueran Mies Van der Rohe y Walter Gropius los primeros en revisar las posibilidades del repertorio moderno a tenor de su adecuación solar. (Fig. 1) Los sucesivos ensayos de la Casa Tugendhat (Berno, 1930) y el modelo Hirsch Kupfer (Berlín, 1931) constatan ejemplarmente las virtudes del invernadero doméstico como sofisticado mecanismo espacial y ambiental. (1) Su combinación con la capacidad ais-

Fig. 1. Gropius, Walter: Prototipo Hirsch Kupfer, Berlín, 1931. Berdini, P. *Walter Gropius: Works and Projects*. Bolonia: Zanichelli Editore, 1994.

Fig. 2. Instalación de paneles planos en la cubierta de la MIT Solar House I, Massachusetts, 1939. Perlin, John. *Let It Shine: The 6,000-Year Story of Solar Energy*. California: New World Library, 2013.



**Solar Houses and Modern Greenhouses.** The introduction of glass as predominant material for modern architecture implied a first visual dissolution of the boundaries between exterior and interior, but also provoked a series of thermodynamic effects that led to further typological transformations. Used in large volumes, it began to manifest climatic disadvantages, forcing the reliance on air-conditioning systems with the consequent separation between indoor and outdoor climate. But at a domestic level the benefits of the greenhouse effect were also noticed by the pioneers of the Modern Movement giving birth to a fertile typological research.

Numerous experiences in Europe, Russia and the United States since the thirties accredit the interest of the International Style pioneers for heliothermal performance of buildings. Mies Van der Rohe and Walter Gropius were, perhaps, the first to review the possibilities of the modern repertoire according to solar adaptation. (Fig. 1) The successive trials of the Tugendhat House (Berno, 1930) and the Hirsch Kupfer model (Berlin, 1931) exemplify well the virtues of the domestic greenhouse as a sophisticated spatial and environmental device. (1) Its combination with the insulating capacity of the brick walls allows it to function as a thermal buffer for the adjacent space, more than a decade in advance of the first indirect solar gain systems. (2) The spatial syntax of the attached greenhouse and the solar geometry of this experiment were in line with the standards of prefabricated construction, even with those of ecological footprint promulgated with insistence by Gropius. (3)

Designed a decade later for the General Panel Corporation by Gropius, the Package House System translates the greenhouse device into a small glazed gallery. Less geometrically engaged than the Hirsch Kupfer prototype,

lante de los paramentos de ladrillo le permite funcionar como amortiguador térmico para el espacio adyacente, anticipándose más de una década a los primeros sistemas de ganancia solar indirecta. (2) La sintaxis espacial del invernadero adosado y la geometría solar estaban en sintonía con los estándares de la construcción prefabricada, incluso con los de huella ecológica promulgados con insistencia por Gropius en esos años. (3)

En el Package House System diseñado una década después para la General Panel Corporation, Gropius traduce el dispositivo solar en una pequeña galería acristalada. Menos comprometido geoméricamente que el prototipo Hirsch Kupfer, la tipología del Package House tuvo cierta repercusión académica, aunque muy poco éxito comercial. El dato sorprende sabiendo que solo dos años antes el MIT inauguraba el primer prototipo de casa solar en Estados Unidos (Fig. 2), una patente promovida por un fondo privado por valor de 650.000 dólares. Sin arquitectos entre sus colaboradores, el joven ingeniero químico Hoyt Hottel recurrió a una tipología colonial de vivienda con porche sin apenas superficie acristalada. La casa ignoraba por tanto el más simple de los dispositivos solares, una superficie acristalada orientada al sur. Carencias de diseño aparte, esta omisión provocó errores técnicos insalvables como que la orientación de la casa a perfecto sur no se ejecutase correctamente y produjese pérdidas térmicas de hasta siete grados. (4)

Tanto desde el punto de vista del diseño como de la técnica, la Solar House I [ver figura 2] puede considerarse la antítesis del ensayo tipológico de Gropius. La casa, en realidad, era un laboratorio de sesenta metros cuadrados de colectores sobre un gran depósito de acumulación, (Fig. 3) adosados con cierta habilidad a una vivienda colonial a través de imperceptibles correcciones tipológicas: la geometría de los paneles se adapta a la cubierta con una ligera desviación (67 grados), mientras que el gran depósito se entierra para evitar penalizaciones formales. Su desprecio al repertorio de la Modernidad ya instalada en Estados Unidos es especialmente clamoroso al hilo de la tradición tipológica solar precedente. Los diseños de Thomas Wilkinson o John Claudius Loudon (Fig. 4) sobre el invernadero del siglo XIX conseguían mi-

the Package House typology had some academic repercussion although very little commercial success. This is surprising knowing that only two years before, the MIT launched the first solar house prototype in the United States, (Fig. 2) a patent promoted by a private fund valued at 650.000 dollars. Without any architects among his collaborators, young chemical engineer Hoyt Hottel employed a classic colonial housing type with porch and modest glazing surface. The house was therefore, totally ignoring the simplest solar device: a south-oriented glazed surface. Design mistakes apart, the lack of architects in the team caused insurmountable technical errors such as the orientation of the house to perfect south did not run properly and produced thermal losses of up to seven degrees. (4)

Both, from the point of view of design and technique, the Solar House I [see figure 2] can be considered the antithesis of Gropius's typological essay. The house was actually a laboratory of sixty square meters of collectors and a large accumulation tank (Fig. 3) rudimentary attached to a colonial dwelling through imperceptible typological corrections: the orientation of solar panels is adapted to the roof with a slight deviation (67 degrees), while the large deposit is hidden underground to avoid formal penalties. His disdain for the modern architectural US repertoire is especially negligent in the light of the preceding solar typological tradition. The greenhouse designs of Thomas Wilkinson or John Claudius Loudon (Fig. 4) along the 19th Century managed to minimize the amount of radiation reflected by glass while maximizing solar penetration through daring formal variations. (5) The scientific drift of the MIT prototype would have been radically different if, instead of equipping an archetypal dwelling with solar implants, it had tried to domesticate an explicitly solar typology like it was the greenhouse.

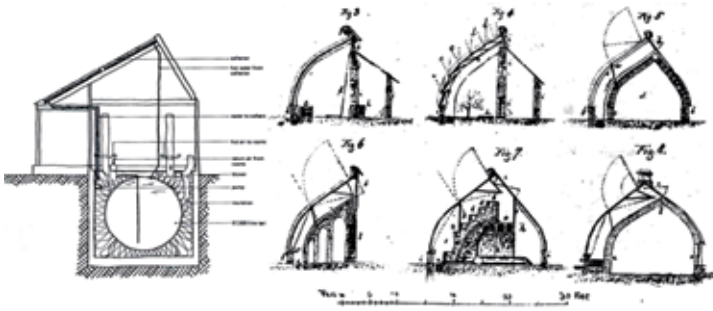


Fig. 3. Sección transversal de MIT Solar House I. Perlin, John. *Let It Shine: The 6,000-Year Story of Solar Energy*. California: New World Library, 2013.

Fig. 4. Variaciones de acristalamiento en invernaderos curvos. Loudon, John Claudius. 'A Comparative View of the Common and Curvilinear Mode of Roofing Hot-Houses', *The Encyclopaedia of Gardening*. Londres, 1817.

nimizar la cantidad de radiación reflejada por el vidrio y maximizar la penetración solar mediante audaces variaciones formales. (5) La deriva científica del prototipo del MIT hubiese sido radicalmente distinta, si en lugar de equipar una vivienda arquetípica con implantes solares hubiese intentado domesticar una tipología explícitamente solar como ya era la del invernadero. Mediante su progresivo desarrollo a lo largo del siglo xx, los espacios de captación solar y acumulación térmica irán solapando sus funciones y su delimitación física con los espacios de habitación, promocionando dos tendencias en principio divergentes: la primera, concentrada en la construcción y la forma, corresponde con los logros del bioclimatismo de la llamada tercera generación. La segunda, en torno a la tecnología del colector, se identifica nítidamente con la cultura del solar activo.

**Habitar los sistemas pasivos.** El cerramiento multicapa como fenómeno se origina en torno a 1927, momento en que los arquitectos modernos intentaron restituir las propiedades de la construcción muraria sobre una nueva idea de fachada tensa y delgada. (6) Aparentemente contradictorios, estos requisitos solo pudieron lograrse por medio de la superposición de capas distintas con capacidades térmicas, resistentes y aislantes diferenciadas y a veces incompatibles. Problemas de estabilidad relativa, puentes térmicos o condensaciones intersticiales surgieron como nuevas problemáticas cons-

Through its progressive development throughout the 20th Century, both the spaces for solar collection and thermal accumulation will overlap their functions and their physical delimitation with inhabitable space, promoting two divergent tendencies: the first one, focused on the construction and form, corresponds with the achievements of bioclimatism of the so-called third generation. The second, devoted to the solar collector technology, is clearly identified with the culture of solar active approach.

**Inhabiting the Passive Devices.** The multilayered enclosure as a phenomenon originates around 1927, when modern architects tried to restore the properties of masonry construction over a new idea of thin façade. (6) These apparently contradictory requirements could only be achieved by means of the superposition of different layers with differentiated and sometimes incompatible thermal, resistant and insulating capacities. Problems of relative stability, thermal bridges, or interstitial condensations emerged as new building pathologies. In response to this entanglement, the multilayer enclosure will suffer from the sixties an inverse tendency towards its widening and disintegration. Ventilated facades and roofs will sponge up to reach conditions and enough dimensions to be inhabited, recovering the spatial and thermodynamic potential of masonry construction.

A number of proposals of Ralph Erskine, in Sweden or Le Corbusier, in India are among the first to exploit the specialization of the deployed roof, although they still don't reach sufficient scale to contain habitable program. (7) Again in a house —Drottningholm (Sweden, 1956)— Erskine rehearses the first 'butterfly' roof: insulation and waterproofing

tructivas. A partir de los años sesenta, el cerramiento multicapa sufrirá una tendencia inversa hacia su ensanchamiento y disgregación. Las fachadas y cubiertas ventiladas irán esponjándose hasta alcanzar condiciones y dimensión para ser habitadas, reivindicando el potencial espacial y termodinámico de la construcción muraria.

Las propuestas de Ralph Erskine, en Suecia o las de Le Corbusier, en India son de las primeras en explotar la especialización de la cubierta decapada, aunque no llegarán a escala suficiente para contener programa habitable. (7) De nuevo en una casa –Drottningholm–, Erskine ensaya la primera cubierta desplegada: aislamiento e impermeabilización se distinguen y resuelven por distintos flancos, dejando entre sí un espacio ventilado de unos treinta centímetros. Las geometrías de ambas cubiertas son también específicas: faldones planos a dos aguas y una bóveda cilíndrica que por el intradós, favorece la ventilación del espacio interior. Frente a otros sistemas tipo ‘sándwich’, a estas ventajas se une la de su transpirabilidad, capaz de atajar problemas de condensación intersticial.

La revisión tipológica de la tercera generación adquiere un impulso significativo a partir de la ‘columna hueca’ propuesta por Louis Kahn y ensayada por primera vez en el Centro de la Comunidad Judía de Trenton (1954). La habitabilidad adjudicada al elemento estructural será comprobada en los laboratorios Alfred Newton Richards (Pensilvania, 1957), donde las chimeneas de extracción alojan además las circulaciones principales del edificio. Pero su verdadero hallazgo deriva de las posibilidades espaciales del ‘muro doble’, un espacio ventilado que funciona como estructura, habitación y pantalla climática simultáneamente. En la Sinagoga Mikveh Israel (Filadelfia, 1961), los muros alojan ya buena parte del programa, además de funcionar como un sofisticado regulador de la luz natural heredado de la construcción islámica. El muro doble del Consulado Americano de Luanda (1959) se enfrenta al delgado cerramiento de propuestas coetáneas, (8) cuestionando con ello la eficacia del *brise-soleil* frente a las exigencias del clima monzónico. (Figs. 5 y 6)

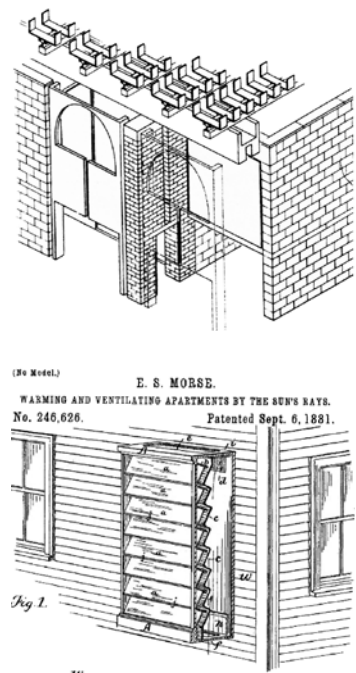


Fig. 5. Kahn, Louis: Perspectiva axonométrica del Consulado Americano en Luanda, 1959. Louis I. Kahn Collection, Architectural Archives, University of Pennsylvania.  
Fig. 6. Morse E. S.: Warming and Ventilating Apartments by the Sun Rays, 1881. Patente US246626 A.

are distinguished and resolved in different layers, leaving a ventilated space of about thirty centimeters in between. The geometries of both covers are also specific: sloped roof over a cylindrical vault that favors the stack-effect of the interior space. Compared to contemporary sandwich systems, these advantages are combined with high breathability, able to deal against interstitial condensation.

The typological search tackled by the third generation acquires a significant impulse from Louis Kahn's hollow column, initially tested at the Jewish Community Center of Trenton (1954). The habitability acquired by the structural element will be later checked at the Alfred Newton Richards Laboratories (Pennsylvania, 1957), where the extraction chimneys also host the main building circulation system. But its real discovery derives from the spatial possibilities of the double wall, a ventilated space that functions simultaneously as structure, room and climate screen. At the Mikveh Israel Synagogue (Philadelphia, 1961), the wall already houses much of the program, as well as functioning as a sophisticated natural light regulator, a system inherited from Islamic vernacular construction. The double wall of the Luanda American Consulate (1959) challenges the thin enclosure of contemporary proposals, (8) questioning the effectiveness of the *brise-soleil* for the monsoon climate high demands. (Figs. 5 & 6)

We have seen how the progressive swelling of the multi-layer facade translates the concept of enclosure as delineation towards that of thermal mediation, reaching the notion of climatic room. In more demanding climates than the continental, this proposal transforms to a large extent the existing typological formulations of modernity. Analogously,

Hemos visto cómo el progresivo esponjamiento de los cerramientos multicapa traslada el concepto de cerramiento como delineación al concepto de mediación térmica, llegando a la noción de habitación climática. En climas más exigentes que el continental, esta propuesta transforma en buena medida las formulaciones tipológicas de la Modernidad. De forma análoga, los sistemas activos de climatización irán adquiriendo mayores dimensiones y en algunas ocasiones consistencia de espacio habitable, superando con ello la controversia disciplinar de los primeros prototipos.

**Habitar los sistemas activos.** Mucho antes de aterrizar sobre la cubierta de la primera casa solar del MIT, la estrecha vecindad de los sistemas de acondicionamiento con las partes nobles del edificio era una contingencia habitual de la arquitectura de la era industrial. Los arquitectos de finales del siglo XIX encontraron recursos formales adecuados para incorporar sistemas de acondicionamiento muy complejos y casi siempre voluminosos dentro de la construcción de prisiones, parlamentos, auditorios u hospitales evitando con ello el temido debate sobre la forma. (9) Recordemos que a principios del siglo XIX los invernaderos europeos -ingleses y holandeses fundamentalmente- combinaban ya en sus construcciones principios de inercia térmica, doble acristalamiento, suelo radiante y ventilación forzada. Sus capacidades de acumulación energética fueron pronto advertidas por los ingenieros americanos para fines comerciales.

Las conexiones entre biología e ingeniería del entorno académico facilitarán a Edward Sylvester Morse la creación del primer muro solar para vivienda, patentado en 1881 en el Essex Institute de Massachusetts. (10) La pared acumuladora se separa algunos centímetros de la pared captadora de vidrio, reduciendo el espacio habitable del invernadero a un espacio técnico impracticable. (11) En pocos años se multiplicarán las patentes relacionadas con el colector solar, aunque muy pocas tendrán éxito tecnológico y económico. La patentada por Frank Walker en 1902 en Los Ángeles consiguió integrarse por completo en el espesor de la cubierta, mejorando su aislamiento y reduciendo su impacto visual. A diferencia de patentes

environmental control active systems will also acquire greater dimensions and in some occasions consistency of habitable space, overcoming with it the disciplinary controversy of the first prototypes.

Inhabiting the Active Devices. Long before landing on the roof of MIT's first solar house, the close proximity of the mechanical systems to the 'noble' parts of the building was a usual contingency of the industrial age architecture. Nineteenth-century architects found adequate unobtrusive ways of incorporating complex and often bulky conditioning systems into the fabric —of prisons, parliaments, auditoriums or hospitals— thus avoiding the dreaded debate over form. (9) At the beginning of the 19th Century the European greenhouse designers —Dutch and British fundamentally— already combined principles of thermal inertia, double glazing, underfloor heating and forced ventilation in their constructions. Their energy accumulation properties were soon noticed by American engineers for commercial purposes.

The connections between biology and engineering given at the academic environment might had facilitated Edward Sylvester Morse the creation of the first solar wall —again applied for housing— patented in 1881 at the Essex Institute in Massachusetts. (10) Separated some centimeters from the glass collector wall, the accumulator wall reduces the habitable room of the greenhouse to an inaccessible technical space. (11) In a few years the patents related to the solar collector will multiply, although very few will have technological and economic success. The one patented by Frank Walker in 1902 in Los Angeles was one of them. He managed to integrate the collectors completely into the thickness



Fig. 7. Solar House I y Solar Barbecue. Popular Science vol. 136, n. 2, febrero de 1940.

Fig. 8. A Homesun Ultraviolet Solarium, Reino Unido, 1939. Science Museum / SSPL. Disponible en : [www.blog.sciencemuseum.org.uk](http://www.blog.sciencemuseum.org.uk)

previas, los colectores de Walker se conectaban en serie a la instalación convencional de calefacción y agua caliente del edificio como fuente de alimentación alternativa, (12) evitando el coste de una doble red de fontanería. Estas experiencias permitieron que los ingenieros del MIT Solar I emplearan un simple colector plano con tubos de cobre, que ya había sido utilizado con éxito en los climas de California y Florida. Si bien la formulación tipológica del invernadero pasó inadvertida para Hottel en la primera casa solar, la tecnología del colector se enraza claramente con la tradición constructiva del invernadero. Sin embargo, el sol capturado por el colector quedará por ahora exiliado del espacio habitable. (13)

Mientras que los ingenieros americanos del siglo XIX dieron impulso a las posibilidades de la climatización solar en la arquitectura, los europeos parecieron seguir confiando en la climatización mecánica, sustituto de la energía solar incluso en términos medicinales. (Figs. 7 y 8) La dureza del clima y el difícil acceso al carbón del Ruhr hicieron de la Alemania de entreguerras el lugar más fértil de Europa para la investigación solar. Tanto Marcel Breuer como Walter Gropius establecieron -como se ha visto- innovadores presupuestos de urbanismo orientado y vivienda solar. Le Corbusier, por su parte,

of the roof, improving its insulation and thus reducing its visual impact. Unlike previous patents, the Walker collectors were connected in series to the conventional heating and hot water installation of the building as an alternative power source, (12) avoiding the cost of a double plumbing network. These experiences allowed MIT engineers trust on a simple flat-plate collector with copper pipes, a type successfully used before in California and Florida. Although the typological formulation of the greenhouse went unnoticed by Hottel, the technological innovation of the collector was clearly rooted in the constructive tradition of the greenhouse. However the sun, captured by the collector, will for now be exiled from the habitable space. (13)

While the American engineers of the 19th Century gave impetus to the possibilities of solar air conditioning in architecture, Europeans seemed to continue relying on mechanical conditioning, substitute for solar energy even for therapeutic purposes. (Figs. 7 & 8) Both, the harsh climate and the restricted access to the Rin-Ruhr coal, probably made interwar Germany the most fertile place in Europe for solar research. Both, Marcel Breuer and Walter Gropius established -as has been seen- innovative budgets for oriented urbanism and solar housing. Meanwhile, Le Corbusier was not as interested in the solar house in its strict energetic sense as in the cyclic aspects of the solar trajectory. Ironically, the impact that both 'mur neutralisant' and 'respiration exacte' obtained in the academic environment managed to weaken to some extent the achievements acquired so far by the solar movement. Service spaces reduced their dimensional impact and began to be located in peripheral locations of the building, assuming a growing ubiquity with regard to the living space. The habitable space and the mechanical installations established the bases of a sterile coexistence. (14)



no estuvo tan interesado por la casa solar en su sentido energético estricto como por los aspectos cíclicos de la trayectoria solar. Irónicamente, el calado del *mur neutralisant* y la *respiration exacte* en el entorno disciplinar consiguieron debilitar en cierta medida el alcance logrado hasta el momento por la arquitectura solar. Los espacios destinados a acondicionamiento redujeron su impacto dimensional y empezaron a situarse en emplazamientos periféricos del edificio, asumiendo una creciente ubicuidad respecto al espacio habitable. El espacio habitable y las instalaciones mecánicas establecieron así las bases de una convivencia estéril. (14)

La industria del colector solar americano se inicia pues mucho antes de la Segunda Guerra Mundial. Además de sus aplicaciones arquitectónicas, numerosas patentes de solárium, cocinas, baños, calefacciones incluso barbacoas solares surgieron en estos años con optimismo para usos domésticos. [ver figura 7] Pero los bajos precios de la electricidad de la posguerra los hicieron desaparecer pronto del mercado. El interés científico por la arquitectura solar no se retoma hasta los 70, coincidiendo con la crisis del petróleo. El vidrio sencillo de las primeras casas solares se sustituye entonces por sistemas de doble vidrio con cámara para ganancia directa, (15) o sistemas mixtos de vidrio-hormigón para ganancia indirecta. En climas continentales se comprueba cómo el sol puede calentar directamente el edificio sin necesidad de ninguna instalación mecánica, entonces el colector vuelve a recuperar su condición habitable y se convierte en edificio solar. (16)

**Conclusiones.** Los orígenes de la primera 'casa' solar del MIT hablan de la histórica controversia entre dominancia tecnológica y cultura tipológica. Las medidas pasivas ensayadas por Gropius en el Hirsch Kupfer comprometían la expresión tipológica del edificio en mayor grado que las activas empleadas por Hottel, cuyo carácter ubicuo permitían localizaciones inocuas a nivel formal. La negociación entre los modelos activos y pasivos carecía de precedentes sintácticos en el ámbito disciplinar. (17) Su acercamiento alumbrará al enfoque bioclimático, cuyos requisitos ya interfieren claramente en la configuración tradicional del edificio. (18) Pese a la

The solar collector industry in America starts well before the Second World War. In addition to its architectural applications, numerous patents like solarium, kitchens, bathrooms, even barbecues or solar heating for domestic use emerged in those years with optimism. [see figure 7] But the low electricity prices of the post-war era soon made them disappear from the market. The scientific interest in solar architecture does not restart until the seventies, coinciding with the energy crisis. The simple glass of the first solar houses is then replaced by double glass systems with camera for direct gain, (15) or mixed glass-concrete systems for indirect gain. In continental climates, it is demonstrated that the sun can directly heat the building without the need of any mechanical installation. Thus, the collector recovers its habitable condition and becomes again a solar space. (16)

**Conclusions.** The origins of the first MIT solar house speak of the historical controversy between technological dominance and typological tradition. The passive measures tested by Gropius in the Hirsch Kupfer compromised the typological expression of the building to a greater extent than the active ones used by Hottel, whose ubiquitous nature allowed innocuous locations at an aesthetic level. The negotiation between both, active and passive models lacked syntactic precedents in Modern architecture. (17) Its negotiation will illuminate the bioclimatic approach, whose requirements will clearly interfere in the traditional configuration of the building. (18) Despite the supposed accountability of active systems, the energy efficiency of bioclimatic architecture ultimately depends on the dominance of typology over technology. (19)

supuesta superioridad de los sistemas activos, el grado de eficiencia energética de la arquitectura bioclimática depende en última instancia de la dominancia de la tipología sobre la tecnología. (19)

La Posmodernidad puso en crisis la prioridad de los requisitos del espacio habitable sobre los del espacio productivo, alejándose así del repertorio tipológico anterior. Sus claves debían definirse frente al repertorio bioclimático paliativo de la Modernidad, pero también frente a la retórica artefactual del estructuralismo Posmoderno. Los prototipos solares de los años setenta en Estados Unidos derivan en envolventes tridimensionales cada vez más complejas, alejados ya de la torpe geometría del primer prototipo del MIT. Experiencias como la Autarkic House, proyectada por Alexander Pike en Cambridge o los Zomework, construidos por Steve Baer en el desierto de Albuquerque, suponen una síntesis formidable entre tecnología ambiental y geometría solar.

El desarrollo de la cultura solar en el ámbito académico americano pudo sentirse también en arquitecturas de autor en Europa. Los maestros modernos adaptaron lentamente el modelo continental al clima tropical o los climas árticos, aunque fueron los arquitectos de la tercera generación los responsables de una renovación formal definitiva. Alison y Peter Smithson demostraron un temprano interés, tanto en las virtudes de la captación solar como en la acumulación energética. Sus obras, a partir de los cincuenta, basculan sobre la intensificación de alguno de estos aspectos, atendiendo a la rentabilización de las preexistencias materiales en este mismo sentido. (Figs. 9 y 10) En sus últimos proyectos, el problema de la acumulación térmica se impone ya como tema arquitectónico sobre el de la captación, ya que carecía de precedentes en la arquitectura moderna y por tanto, requería de invención tipológica. (20)

Dicha necesidad de invención para la reunión de criterios formales y ecológicos será una constante en las décadas siguientes. La estética artefactual del Deconstructivismo de los ochenta parecía diseñada para soportar implantes energéticos, pero carecía totalmente de ellos. (21) Thomas Spiegelhalter puede considerarse el primer arquitecto en reconciliar la teoría deconstructivista

Postmodern architects put in crisis the priority of the habitable space requirements over those of the productive space, thus moving away from previous typological catalogue. Its keys should be defined against the palliative bioclimatic repertoire of Modernity, but also against the artifactual rhetoric of postmodern structuralism. The solar prototypes of the seventies in the United States derive in increasingly complex three-dimensional envelopes, already far from the clumsy geometry of the first MIT prototype. Experiences such as the Autarkic House designed by Alexander Pike, in Cambridge or the Zomework built by Steve Baer, in the Albuquerque desert, already represent a formidable synthesis between environmental technology and solar geometry.

The development of solar culture in the United States could also be noticed in author architectures in Europe. The modern masters slowly adapted the continental model to tropical or arctic climates, although the architects of the third generation were responsible for proposing a definitive formal renovation. Alison and Peter Smithson showed an early interest, both in the virtues of solar collection and energy accumulation. Their works from the fifties, tilt on the intensification of some of these aspects, attending in this respect to the usability of material preexistences. (Figs. 9 & 10) In their last projects, the problem of thermal accumulation already imposes as architectural theme over that of solar collection, since it lacked precedents in modern architecture and therefore, required typological innovation. (20)

The need for invention when meeting both typological and ecological criteria will be a constant in the following decades. The fragmentary aesthetics of Deconstructivism of the 1980s seemed designed to support energetic prosthesis,

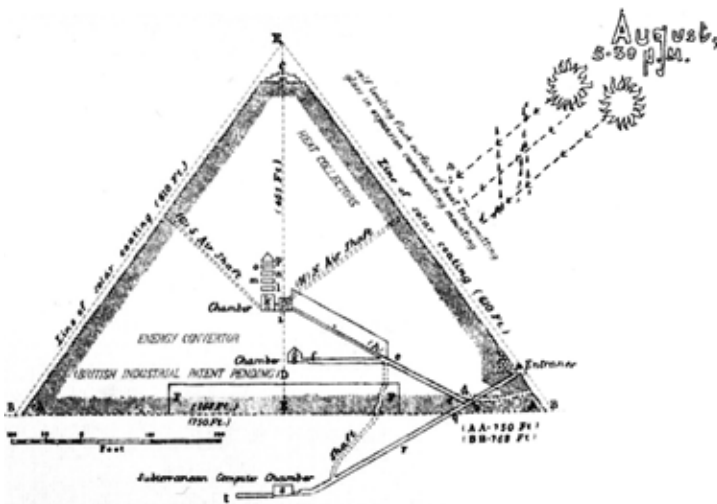
con la cultura del solar activo. En 1988 fue contratado por Günter Behnisch, uno de los más prominentes arquitectos deconstructivistas del momento, para completar el proyecto del Hysolar Institute. Spiegelhalter sitúa colectores solares en las partes extruidas del edificio consiguiendo reunir deconstrucción formal con rehabilitación energética. (22) Sin embargo, el complejo resultado es cuestionable en términos estrictos de eficiencia. La aparente transparencia del edificio enmascara una, en realidad, modesta superficie acristalada y los paneles fotovoltaicos, de haberse integrado en el cerramiento hubieran mejorado su inercia térmica.

Esta afectación formal puede acabar pues sometiéndose a la misma lógica positivista del funcionalismo moderno. Superado el debate formal derivado del control mecánico del ambiente, la discusión actualmente se activa en torno al consenso expresivo de la arquitectura ecológica. A pesar de las cada vez más exigentes especificaciones de evaluación energética, éste sigue siendo hoy un debate abierto entre el 'eco-manierismo radical' (23) y el racionalismo ecológico.



Fig. 9. Smithson, A. & P.: Upper Lawn: A Solar Pavilion, 1959.

Fig. 10. Smithson, A. & P.: Solar-Energy Collecting Pyramid, Gaza, 1976. Smithson, Alison and Peter. *The Charged Void: Architecture*. Nueva York: Monacelli Press, 2001.



but ironically it lacked them completely. (21) Thomas Spiegelhalter can be considered the first architect to reconcile deconstructivist theory with solar culture. In 1988 he was hired by Günter Behnisch, a prominent deconstructivist architect of the time, to complete the Hysolar Research Institute in Stuttgart. Spiegelhalter placed solar collectors in the extruded parts of the building, gathering formal deconstruction with energy rehabilitation. (22) However, the complex result is questionable in strict terms of efficiency. The apparent transparency of the building masks a really modest glazed surface, and the photovoltaic panels, if integrated into the enclosure, would have improved their thermal inertia.

This formal affectation may end up by submitting to the same positivist logic of modern functionalism. Having overcome the formal debate derived from the mechanical control of environment, the discussion remains currently active around the possibility of an expressive consensus for ecological-base architecture. Despite the increasingly demanding specifications of energy assessment for building construction, this remains today as an open debate between radical 'eco-mannerism' (23) and ecological rationalism.

## NOTAS

- HAWKES, Dean. *The Environmental Imagination. Technics and Poetics of the Architectural Environment*. Nueva York: Taylor & Francis, 2008. p. 38.
- La casa solar de Arthur T. Brown en Tucson (Arizona, 1946) puede considerarse un hallazgo anterior a los prototipos del profesor Félix Trombe en los Pirineos en 1967. Estos aumentaron su eficacia térmica pero redujeron por completo su habitabilidad. YAÑEZ, Guillermo. *Arquitectura solar e iluminación natural*. Madrid: Munilla Leira, 2008.
- "Dry assembly offers the best prospects because moister [...] is the principal obstacle to economy in masonry construction. [...] The New Architecture throws open its walls like curtains to admit a plenitude of fresh air, daylight and sunshine". PORTEOUS, Colin. *The New Eco-Architecture*. Londres: Spon Press, 2001. p. 96.
- BARBER, Daniel A. *A House in the Sun: Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War*. Nueva York: Oxford University Press, 2016.
- Como el acristalamiento *ridge and furrow*, doble curvatura, que proporciona la máxima penetración solar dos veces al día, independientemente de la estación. VALE, Robert; VALE, Brenda. *The Autonomous House. Design and Planning for Self-sufficiency*. Londres: Thames and Hudson, 1975. p. 23.
- Esta fecha se consolida como 'hito cronológico' por la concurrencia de varios acontecimientos: la inauguración del Weissenhof Siedlung y la Bauhaus de Gropius, en Alemania; la Escuela al Aire libre de Duiker y la Fábrica van Nelle de Brinkman y van der Vlugt, en Holanda. En todas ellas, la fachada se desprende de su función portante habitual. PORTEOUS, Colin. *The New Eco-Architecture*. Spon Press, Londres. 2001.
- En Le Corbusier son más tempranas y dan lugar a la cubierta parasol del Palacio de Justicia (1955). Su grueso interspacio está basado en las indicaciones del *Cimate Grid*. GARGIANI, Roberto. *Le Corbusier: Beton Brut and Ineffable Space (1940-1965): Surface Materials*. Nueva York: Routledge, 2011.
- Como el Jewett Arts Center de Paul Rudolph (1955) o la Embajada Americana de Edward Durrell Stone, en Nueva Delhi (1954). Comprobado el potencial de la construcción vernacular Islámica, Kahn volverá a emplear el muro doble en la Asamblea Nacional de Dhaka (1962). GOLDHAGEN, Sarah W. *Louis Kahn's Situated Modernism*. New Haven: Yale University, 2001.
- HAWKES, Dean. *The Environmental Tradition: Studies in the Architecture of Environment*. Oxon: Taylor and Francis, 1995.
- Titulada *Warming and Ventilating Apartments by the Sun's Rays* la patente de Morse se aplicó pronto sobre un edificio real, la fachada sur del Museo Peabody en Salem. Las elevadas dimensiones de la sala sobre la que se aplicó el prototipo (unos 350 metros cuadrados y 6 metros de alto) redujeron su efecto sobre la temperatura interior, pero le permitieron corregir el sistema en sucesivas versiones. PERLIN, John. *Let It Shine: The 6,000-Year Story of Solar Energy*. California: New World Library, 2013. pp. 279-280
- FERNÁNDEZ GALIANO, Luis. *El fuego y la memoria. Sobre Arquitectura y Energía*. Madrid: Alianza Editorial, 1991. pp. 7 y siguientes.
- Muchos de los sistemas anteriores funcionaban mal o ni siquiera lo hacían porque los fontaneros tenían dificultades para instalar los calentadores solares. Para resolverlo, Morse escribió un manual de instalación que se convertiría después en guía estándar de la industria. PERLIN, *Op.cit.* p. 201. LOS, Sergio; PULITZER, Natalia. *L'architettura della evoluzione*. Bolonia: Ediciones Luigi Parma, 1977. p. 11.
- FERNÁNDEZ GALIANO *Op.cit.* p. 226.
- Según HAWKES (2008: 38).
- El St. George School de A. E. Morgan en Wallasey (1961) es el edificio más conocido en esta modalidad. El dispositivo captador no es más que una gran superficie de doble acristalamiento situada a lo largo de la fachada sur. YAÑEZ, *Op.cit.*
- FERNÁNDEZ GALIANO *Op.cit.* p. 11.
- SMITHSON, Alison y Peter. *The Charged Void: Architecture*. Nueva York: Monacelli Press, 2001. pp. 475 y siguientes.
- LOS, Sergio. 'Architettare la città solari: verso una geografia della storia. Città solari, dal passato al futuro'. Revista *IUAV* n. 42. Venezia: Università IUAV, 2007, pp. 1-16.

## NOTAS

- HAWKES, Dean. *The Environmental Imagination. Technics and Poetics of the Architectural Environment*. New York: Taylor & Francis, 2008. pp. 38.
- Arthur T. Brown solar house in Tucson (Arizona, 1946) can be considered a previous finding to the prototypes of Professor Felix Trombe in the Pyrenees in 1967. The latter increased thermal efficiency but completely reduced their former habitability. YAÑEZ, Guillermo. *Arquitectura solar e iluminación natural*. Madrid: Munilla Leira, 2008.
- "Dry assembly offers the best prospects because moister [...] is the principal obstacle to economy in masonry construction. [...] The New Architecture throws open its walls like curtains to admit a plenitude of fresh air, daylight and sunshine". PORTEOUS, Colin. *The New Eco-Architecture*. London: Spon Press, 2001. pp. 96.
- BARBER, Daniel A. *A House in the Sun: Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War*. New York: Oxford University Press, 2016.
- Like the *ridge and furrow* glazing, double curvature, that provided maximum solar penetration twice a day, regardless of the season. VALE Robert; VALE, Brenda. *The Autonomous House. Design and Planning for Self-sufficiency*. London: Thames and Hudson, 1975. pp. 23
- This date is a 'chronological milestone' due to the concurrence of several events: the inauguration of the Weissenhof Siedlungen and the Bauhaus by Gropius in Germany; the Duiker Outdoor School and the Van Nelle Factory by Brinkman and Van der Vlugt in the Netherlands. In all of them, the *façade* shows off its usual load-bearing function. PORTEOUS, Colin. *The New Eco-Architecture*. London: Spon Press, 2001.
- In Le Corbusier, they came earlier and gave rise to the parasol roof of the Palace of Justice (1955). Its thick interspace is based on the indications of the *Cimate Grid*. GARGIANI, Roberto. *Le Corbusier: Beton Brut and Ineffable Space (1940-1965): Surface Materials*. New York: Routledge, 2011.
- Like the Jewett Arts Center by Paul Rudolph (1955) or the American Embassy of Edward Durrell Stone in New Delhi (1954). Having verified the potential of the Islamic vernacular construction, Kahn will again use the double wall in the National Assembly of Dhaka (1962). GOLDHAGEN, Sarah W. *Louis Kahn's Situated Modernism*. New Haven: Yale University, 2001.
- HAWKES, Dean. *The Environmental Tradition: Studies in the Architecture of Environment*. Oxon: Taylor and Francis, 1995.
- Titled *Warming and Ventilating Apartments by the Sun's Rays*, Morse's patent was soon applied to a real building, the south façade of the Peabody Museum in Salem. The high dimensions of the room on which the prototype was applied (about 350 square meters and 6 meters high) reduced its effect on the interior temperature, but allowed him to correct the system in successive versions. PERLIN, John. *Let It Shine: The 6,000-Year Story of Solar Energy*. California: New World Library, 2013. pp. 279-280.
- FERNÁNDEZ GALIANO, Luis. *El fuego y la memoria. Sobre Arquitectura y Energía*. Madrid: Alianza Editorial, 1991. pp. 7.
- Many of the earlier systems functioned poorly or did not work at all, because plumbers had difficulty in installing solar heaters. Morse wrote an installation manual that became the industry's standard guide. PERLIN, *Op.cit.* p. 201. LOS, Sergio; PULITZER, Natalia. *L'architettura della evoluzione*. Bolonia: Ediciones Luigi Parma, 1977, pp. 11.
- FERNÁNDEZ GALIANO *Op.cit.*, pp. 226.
- According to HAWKES (2008: 38)
- St. George School by A. E. Morgan in Wallasey (1961) is the most famous building in this modality. The collector device is nothing more than a large double-glazed surface located along the south facade. YAÑEZ, *Op.cit.*
- FERNÁNDEZ GALIANO *Op.cit.* p. 11.
- SMITHSON, Alison y Peter. *The Charged Void: Architecture*. New York: Monacelli Press, 2001. pp. 475.
- LOS, Sergio. 'Architettare la città solari: verso una geografia della storia. Città solari, dal passato al futuro'. *IUAV* n. 42. Venezia: Università IUAV, 2007, pp. 1-16.

19. BOTHWELL, Keith. 'The Architecture of the Passively Tempered Environment. Aesthetics of Sustainable Architecture'. LEE, S. (ed.) *Aesthetics of Sustainable Architecture*. Rotterdam: 010 Publishers, 2010, pp. 66-80

20. En realidad el concepto de 'diagonal solar' propuesto por los Smithson en el Bloque de Lützowstrasse (Berlín 1980) se asemeja a las tempranas experiencias de Moisé Ginzburg en vivienda colectiva (Unión Soviética, 1932).

21. INGERSOLL, Richard. 'Second Nature: on the Social Bond of Ecology and Architecture'. *Reconstructing Architecture. Critical Discourses and Social Practices*, 1996, pp. 119-220.

22. INGERSOLL. *Op.cit.*, pp. 138.

23. El término 'Super-mannerism' fue acuñado por Ray Smith en 1977. KALLIPOLITI, Lydia. 'No more Schisms'. *EcoRedux. Design Remedies for an Ailing Planet*. AD vol 80, n. 6, 2010, pp. 14-2

19. BOTHWELL, Keith. 'The Architecture of the Passively Tempered Environment. Aesthetics of Sustainable Architecture'. LEE, S. (ed.) *Aesthetics of Sustainable Architecture*. Rotterdam: 010 Publishers, 2010, pp. 66-80.

20. The concept of solar diagonal proposed by A. & P. Smithson in Lützowstrasse Housing (Berlin, 1980) actually resembles early experiences of Moisé Ginzburg in collective housing (USSR, 1932).

21. INGERSOLL, Richard. 'Second nature: on the social bond of ecology and architecture'. *Reconstructing Architecture. Critical Discourses and Social Practices*, 1996, pp. 119-220.

22. INGERSOLL *Op.cit.*, pp. 138

23. The term 'Super-mannerism' was coined by Ray Smith in 1977. KALLIPOLITI, Lydia. 'No more Schisms'. *EcoRedux. Design Remedies for an Ailing Planet*. AD vol 80, n. 6, 2010, pp. 14-24.

#### REFERENCIAS

ADDINGTON, M. Y SCHODEK, D. *Smart materials and technologies for the architecture and design professions*. Oxford: Elsevier, 2005.

BARBER, D. A. *A House in the Sun: Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War*. Oxford University Press, 2016.

BOTHWELL, K. 'The Architecture of the passively tempered environment'. *Aesthetics of Sustainable Architecture*. 010 Publishers, 2010. pp. 66-80.

FERNÁNDEZ GALIANO, L. *El fuego y la memoria. Sobre Arquitectura y Energía*. Madrid: Alianza Editorial, 1991. pp. 7 y siguientes

GISSEN, D. "APE". *Design Ecologies*. Princeton Architectural Press, 2005. pp. 62-76. pp. 193.

HAWKES, D. *The Environmental Tradition: Studies in the Architecture of Environment*. Oxon: Taylor & Francis, 1995.

HAWKES, D. *The environmental imagination. Technics and poetics of the architectural environment*. Londres y Nueva York: Taylor & Francis, 2008. pp. 38.

INGERSOLL, R. 'The ecology Question and Architecture'. *The Sage Handbook of Architectural Theory*. Londres: Sage Publication, 2012. pp. 573-590

KALLIPOLITI, L. 'No more Schisms'. *EcoRedux: Design Remedies for an Ailing Planet*. AD vol. 80 n° 6, 2010. pp. 14-24.

LOS, S. Y PULITZER N. *L'architettura della evoluzione*. Bologna: Ediciones Luigi Parma, 1977

LOS, S. "Architettare la città solari: verso una geografia della storia". *Città solari, dal passato al futuro*. Revista IUAV n° 42. Università IUAV Venezia, 2007. pp. 1-16.

PORTEOUS, C. *The new eco-architecture*. Londres: Spon Press, 2001. pp. 81.

SMITHSON, A. y P. *The charged Void: Architecture*. Nueva York: Monacelli Press, 2001. pp. 475 y siguientes

VALE, R. Y VALE, B. *The Autonomous House. Design and Planning for self-sufficiency*. Londres: Thames and Hudson, 1975.

#### REFERENCES

ADDINGTON, M. Y SCHODEK, D. *Smart materials and technologies for the architecture and design professions*. Oxford: Elsevier, 2005.

BARBER, D. A. *A House in the Sun: Modern Architecture and Solar Energy in the Cold War*. Oxford University Press, 2016.

BOTHWELL, K. 'The Architecture of the passively tempered environment'. *Aesthetics of Sustainable Architecture*. 010 Publishers, 2010. pp. 66-80.

FERNÁNDEZ GALIANO, L. *El fuego y la memoria. Sobre Arquitectura y Energía*. Madrid: Alianza Editorial, 1991. pp. 7 et seq.

GISSEN, D. "APE". *Design Ecologies*. Princeton Architectural Press, 2005. pp. 62-76. pp. 193.

HAWKES, D. *The Environmental Tradition: Studies in the Architecture of Environment*. Oxon: Taylor & Francis, 1995.

HAWKES, D. *The environmental imagination. Technics and poetics of the architectural environment*. Londres y Nueva York: Taylor & Francis, 2008. pp. 38.

INGERSOLL, R. 'The ecology Question and Architecture'. *The Sage Handbook of Architectural Theory*. Londres: Sage Publication, 2012. pp. 573-590

KALLIPOLITI, L. 'No more Schisms'. *EcoRedux: Design Remedies for an Ailing Planet*. AD vol. 80 n° 6, 2010. pp. 14-24.

LOS, S. Y PULITZER N. *L'architettura della evoluzione*. Bologna: Ediciones Luigi Parma, 1977

LOS, S. "Architettare la città solari: verso una geografia della storia". *Città solari, dal passato al futuro*. Revista IUAV n° 42. Università IUAV Venezia, 2007. pp. 1-16.

PORTEOUS, C. *The new eco-architecture*. Londres: Spon Press, 2001. pp. 81.

SMITHSON, A. y P. *The charged Void: Architecture*. Nueva York: Monacelli Press, 2001. pp. 475 et seq.

VALE, R. Y VALE, B. *The Autonomous House. Design and Planning for self-sufficiency*. Londres: Thames and Hudson, 1975.



