

Arquitectura y construcción tabicada en torno a Eduardo Sacriste

Tile vault architecture and construction around Eduardo Sacriste

J. García^(*), M. González^(*), J. C. Losada^(*)

RESUMEN

En torno a la figura del arquitecto Eduardo Sacriste (1905-1999), conocido estudioso de la construcción abovedada, surgió en la arquitectura argentina de las décadas centrales del siglo XX una prolífica generación de arquitectos que levantaron edificios –viviendas principalmente– cubiertos con bóvedas tabicadas, o con ingeniosas variantes sobre este sistema. La mayor parte de estos edificios se estudian en *Viviendas con bóvedas*, un detallado estudio dirigido por Sacriste a finales de los años 70.

El interés de estas construcciones está no sólo en el uso que en ellas se hace de las bóvedas tabicadas clásicas sino también en las variantes ensayadas sobre este sistema. Estas variantes, que fueron diseñadas en su momento para una zona concreta, han trascendido su condición local: la herencia de las viviendas construidas por la generación de Sacriste es patente, en la actualidad, en diversos proyectos internacionales cubiertos con estructuras ligeras de fábrica.

SUMMARY

*Around the architect Eduardo Sacriste (1905-1999), a noted scholar of vault architecture and construction, a prolific generation of architects emerged in Argentina in the middle decades of the twentieth century. Many of them designed buildings covered with tile vaults, or, in some cases, with different variations on this system. Most of the experiences they carried out are collected in *Viviendas con bóvedas*, a detailed study directed by Sacriste in the late 70s.*

The interest of these buildings lies both in the use of classic tile vaulting and the evolution of this system to new variants, some of great interest. Most of these variants, which were designed at the time for a particular area, have transcended, however, its local condition: the legacy of Sacriste's generation is clear, at present, not only in some recent attempts to recuperate tile construction, but in numerous international projects of lightweight vault construction.

109-37

Palabras clave: Albañilería, bóvedas tabicadas, cerámica armada, prefabricación, Argentina.

Keywords: Masonry, tile vaults, reinforced brick construction, prefabrication, Argentina.

(*) Universidad Politécnica de Madrid (España)

Persona de contacto/Corresponding author: julian.garciam@upm.es (J. García)

1. Guastavino Company. Lámina en la que se describe la construcción de una cúpula (2).

2. Bóvedas tabicadas en las viviendas de Virgen del Pilar, de F. Cabrero y R. Abaurre. Madrid, 1948.

3. Casa Iriarte, de W. Coppens, en la actualidad. San Miguel de Tucumán, 1965.

4a. Construcción de una bóveda tabicada.

4b. Reconstrucción de una bóveda con pesillos (11).

1. LA CONSTRUCCIÓN TABICADA A MEDIADOS DEL SIGLO XX

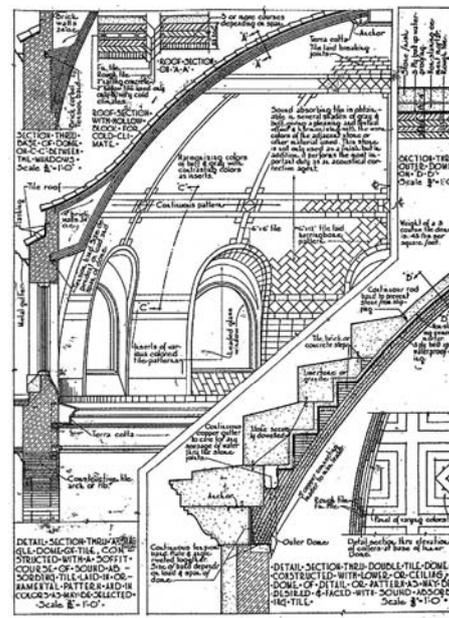
A comienzos de la década de los 50 del siglo XX (1) cesaba en Estados Unidos la actividad de la Guastavino Company, una empresa de origen español dedicada a la construcción de bóvedas tabicadas. Acababa así uno de los episodios más interesantes de la historia de la construcción en el siglo XX, que había arrancado a finales del siglo XIX, cuando Rafael Guastavino exportó a América, con sorprendente éxito, la bóveda tabicada, una técnica de construcción con obra de fábrica muy arraigada en el mediterráneo. En algo más de medio siglo, la Guastavino Company cubrió con bóvedas tabicadas (figura 1) más de 1.000 edificios estadounidenses, muchos de ellos muy relevantes.



2



3



Guastavino Company - New York - Boston - Detail Sheet 1

1

En los mismos años en los que finalizaba la actividad de la Guastavino Company, otras muchas experiencias de construcción con bóvedas tabicadas empezaban a tomar forma. Son muy conocidas las protagonizadas en la posguerra española (3) por arquitectos como Luis Moya (4) o Francisco de Asís Cabrero (figura 2), y también lo son algunos de sus reciclajes fuera del contexto mediterráneo, como el que hicieron Antonio Bonet y Eladio Dieste en la Casa Berlingieri (5), el realizado por Le Corbusier en las casas Jaoul y Sarabhai (6) o el propuesto por Ricardo Porro, Roberto Gottardi y Vittorio Garatti en las algo más tardías Escuelas de Arte de la Habana (7).

Sin embargo, apenas se conoce otra experiencia, contemporánea de aquellas y de extraordinario interés, realizada también fuera del contexto mediterráneo. Reunidos en torno a la figura del arquitecto argentino

Eduardo Sacriste, un grupo de arquitectos e ingenieros, muchos de ellos compañeros y alumnos del propio Sacriste en el Instituto de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Tucumán, emplearon la bóveda tabicada, con abundantes variantes en lo que toca a su construcción, para cubrir un buen número de viviendas (figura 3) en el noroeste argentino. El presente artículo pretende resumir esas experiencias y ponerlas en el contexto de la construcción abovedada ligera del momento.

2. LA BÓVEDA TABICADA

Aunque Sacriste y su entorno construyeron bóvedas que no siempre pueden considerarse “tabicadas”, conviene recordar algunas generalidades sobre estos elementos. Una bóveda tabicada es una estructura que el diccionario de la Real Academia Española define como “obra de fábrica curvada” que “se hace de ladrillos puestos de plano sobre la cimbra, de modo que viene a ser toda la bóveda como un tabique”. Efectivamente, las bóvedas tabicadas se diferencian de otras convencionales en que los ladrillos están colocados de tabla, en una o varias roscas de ladrillo. Pero también, en contra de lo que afirma la RAE, en que pueden no ser necesarias cimbras para su construcción; es posible, en determinadas condiciones, colocar el ladrillo al aire, sin más referencia que algunas marcas para el replanteo.

Para construir estas bóvedas se emplea un ladrillo manejable y ligero (8) y morteros de diferentes tipos (9). Para levantarlas sin cimbra, o al aire, se emplea una técnica consistente en respetar en lo posible –o más bien no incumplir demasiado– las leyes de equilibrio durante el proceso de colocación del ladrillo: el oficial enlarga la rasilla seca, coloca la pieza apoyada en dos de sus caras, la golpea con el paletín, la sujeta durante unos segundos y retira la mano cuando la pieza se sostiene por sí sola. La nueva pieza no debe comprometer al conjunto, por lo que es necesario ir cerrando hiladas, sean arcos o anillos, para estabilizar mecánicamente la estructura a medida que se avanza con la construcción (figuras 4a y 4b). Formada la primera rosca, el oficial volteja detrás segundas y terceras, que deben montar siempre sobre hiladas ya cerradas de la primera. También es posible construir estas bóvedas sobre cimbra, al modo convencional (10).

Desde un punto de vista estructural, las tabicadas son simples obras de fábrica, con un comportamiento semejante al de otras bóvedas de mayor espesor, sean de rosca de ladrillo o piedra. No es la intención de este estudio profundizar en el análisis de este tipo de estructuras; pueden consultarse para ello los trabajos del profesor Huerta (12).



4a



4b

2.1. La bóveda tabicada en América

La bóveda tabicada es un sistema constructivo muy arraigado en amplias zonas del mediterráneo. Su origen todavía es motivo de discusión en foros académicos, si bien parece claro que el sistema está consolidado en España, en el siglo XIV; sobre su evolución, desde entonces y hasta el XIX, se ha escrito mucho en los últimos años.

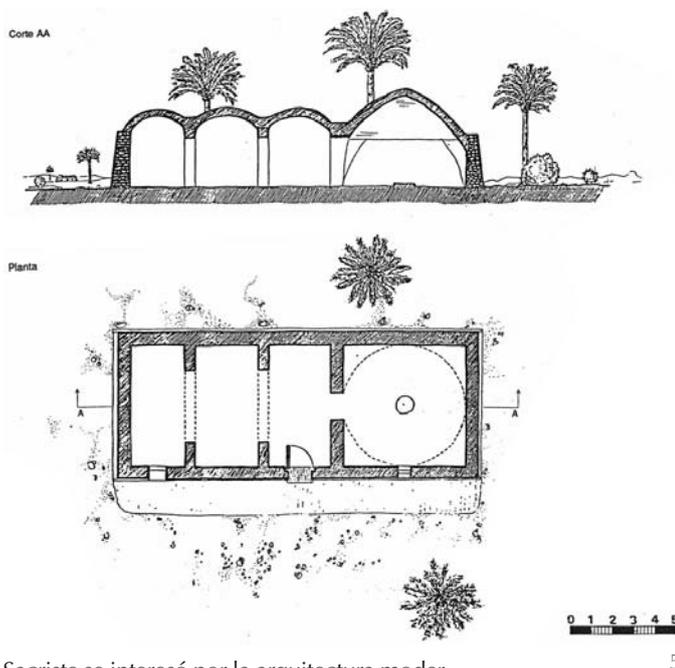
Apenas se ha estudiado, sin embargo, el paso de este tipo de construcción abovedada a la América hispana. Parece lógico pensar que ya desde las primeras llegadas de constructores y arquitectos de la península, en el siglo XVI, las tradiciones de construcción españolas y portuguesas pasaran, de forma paulatina, a formar parte del catálogo de soluciones disponibles en el nuevo mundo y acabaran, incluso, integrándose en las arquitecturas vernáculas de ciertas zonas.

No contamos con un estudio específico sobre la construcción de bóvedas tabicadas en América, pero existen numerosas referencias dispersas de interés, y un buen número de ejemplos construidos. Se ha documentado que en tiempos de Diego de Porres (1677-1741) circulaban en Guatemala copias de tratados de construcción españoles, entre ellos el *Arte y Uso de arquitectura*, de Fray Lorenzo de San Nicolás, en el que se hace descripción de la técnica para construir bóvedas de este tipo (14). Por lo que se refiere a ejemplos construidos, se han documentado diversos edificios, entre otros algunos levantados por Fray Domingo de Petrés (1759-1811) en Nueva Granada (15). En la provincia de Córdoba, en Argentina, sobreviven hoy algunas tradiciones de construcción abovedada con raíz tabicada. Pero todos estos ejemplos son elementos parciales de un mapa, el de la construcción de estas bóvedas en América, que aún no ha sido estudiado por completo.

3. EDUARDO SACRISTE Y EL INSTITUTO DE ARQUITECTURA Y URBANISMO DE TUCUMÁN

Eduardo Sacriste conoció estos sistemas abovedados ligeros, y los empleó en sus edificios. Nacido en Buenos Aires en 1905 y formado como arquitecto en esa ciudad, completó, tras licenciarse en 1932, sus estudios en Estados Unidos. Gran viajero, recorrió Europa, el norte de África, y grandes zonas de Asia. Asentado en Tucumán desde los 50, ejerció la arquitectura y la docencia universitaria principalmente en esa región, aunque fue profesor y ofreció conferencias en Estados Unidos, la India, Inglaterra, Japón o Canadá.

Su actividad universitaria resulta especialmente interesante. En 1946 fundó, junto a Vivanco y Caminos, el Instituto de Arquitectura y Urbanismo de Tucumán, germen de la Escuela de Arquitectura de Tucumán, en la que Sacriste impartiría docencia y ejercería diferentes cargos, incluido el de decano. Desde el IAU Sacriste introdujo en Argentina las ideas del movimiento moderno (en la línea del Grupo Austral (16)); en Tucumán se formaron, en tiempo de Sacriste, arquitectos del prestigio de Eduardo Larrán o César Pelli, quienes reivindican todavía su figura (17).



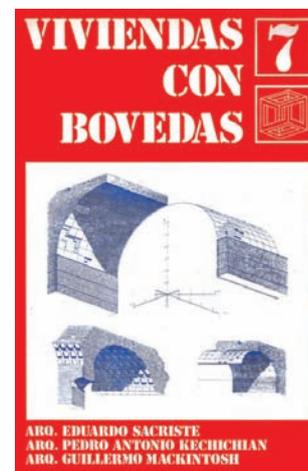
Sacriste se interesó por la arquitectura moderna, pero también fue notable su preocupación por las tradiciones arquitectónicas. Acumuló un considerable conocimiento de la construcción vernácula a nivel mundial, que demostró en el estupendo *Casas y Templos* (18). Ese conocimiento le permitió diseñar sus propias construcciones con elementos tomados de tradiciones propias y ajenas (figura 5), empleando siempre el sistema más eficaz de entre su amplia paleta técnica. Muestra de ello son sus edificios más conocidos, y también sus escritos, como *Huellas de Edificios* (1962) o *Charlas a principiantes* (1961). Por lo que toca a la construcción abovedada, es coautor de *Viviendas con bóvedas* (1977), el texto que recoge las construcciones que se estudian en el presente artículo (figura 6). Combinó la práctica de la arquitectura con el ejercicio de la docencia hasta su muerte en Tucumán, en 1999.

4. INFLUENCIAS PARA UNA BÓVEDA MODERNA EN SUDAMÉRICA

Varias pueden ser las vías a través de las cuales las bóvedas tabicadas llegaron a interesar a Sacriste y su entorno. Por un lado están las tradiciones de construcción locales

5. Vivienda abovedada en Medenine, Túnez, dibujada por Sacriste para *Casas y Templos* (15).

6. Portada de *Viviendas con bóvedas* (19).





7a



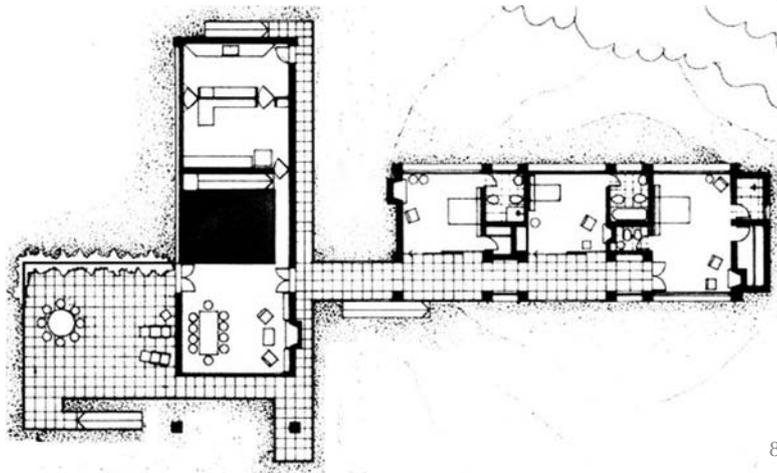
7b

7a y 7b. Bóvedas en la tradición arquitectónica de Córdoba (Argentina). Interior y exterior del Hotel Ester (25).

(figuras 7a y 7b); estas bóvedas se venían empleando en Sudamérica desde antiguo (20) y por entonces eran comunes en la cercana provincia de Córdoba. Por otro, la pulsión viajera del propio Sacriste (21), quien documentó numerosos procedimientos de construcción vernácula (22). Y, por último, la inspiración arquitectónica en algunos ejemplos entonces recientes de la modernidad arquitectónica (23), desde las primeras Casas del Garraf (Sert y Torres Clavé, 1935) (24), y pasando por la cercana Casa Berlingieri (Bonet y Dieste, 1947), hasta las casas Jaoul y Sarahai (Le Corbusier, 1955).



8a



8b

8a. Casa Jaoul, de Le Corbusier. París, Francia, 1955 (29).

8b. Casa Berlingieri, de A. Bonet y E. Dieste. Punta Ballena, Uruguay, 1946 (30).

8c. Casa Tenjo, de R. Salmons. Bogotá, Colombia, 1989 (31).



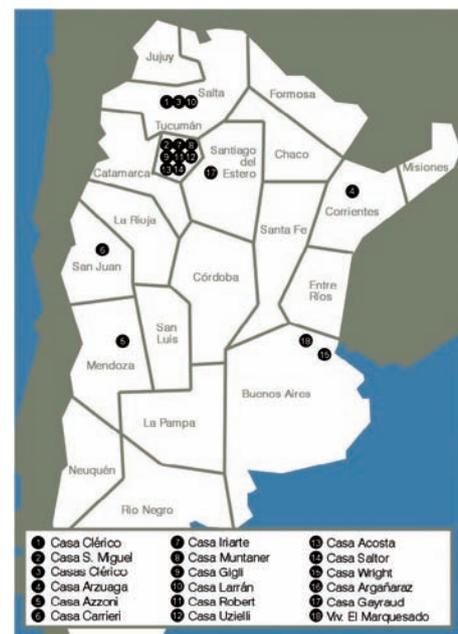
8c

9. Mapa de Argentina, en el que se localizan las viviendas de las que se da detalle en *Viviendas con bóvedas*.

jóvenes generaciones de arquitectos locales (27). Que la Casa Erraruriz, un proyecto nunca realizado de Le Corbusier en Chile, hubiera podido estar cubierta con bóvedas (28), pudo, por ejemplo, ser sumamente sugestivo.

Muchos de los ayudantes de Le Corbusier se establecieron, además, en Sudamérica: Bonet viajó a Argentina en 1939, y Salmons se asentó definitivamente en Bogotá en 1958. Ambos tenían experiencia en este tipo de bóvedas, y ambos las emplearon, distorsionándolas, en sus etapas sudamericanas. En el caso de Bonet, destaca la seminal Casa Berlingieri (figura 8b), un primer esbozo de fábrica armada en colaboración con Dieste (32). Salmons las empleó en varios edificios, entre ellos su conocida Casa de Huéspedes (1978) o su Casa Tenjo (figura 8c) (33).

Cabe también contemplar la influencia de las primeras cáscaras de hormigón, que por entonces empezaban a emplear un buen número de arquitectos. Es el caso del bonaerense A. Williams y su Casa del Puente (1945), o de la Casa Dinetto (1955), en la que García Pardo empleó una lámina de hormigón para resolver una geometría semejante a la de las primeras viviendas de Sacriste (34).



9

5. LAS VIVIENDAS TABICADAS DE SACRISTE Y SU ENTORNO

Partiendo de esta compleja amalgama de influencias, que iban desde la tradición local a la modernidad más avanzada, Eduardo Sacriste y su entorno desarrollaron un lenguaje arquitectónico propio. Un lenguaje basado en la bóveda tabicada, más o menos *evolucionada*. Un lenguaje que emplearon, sobre todo, en la construcción de viviendas.



10a

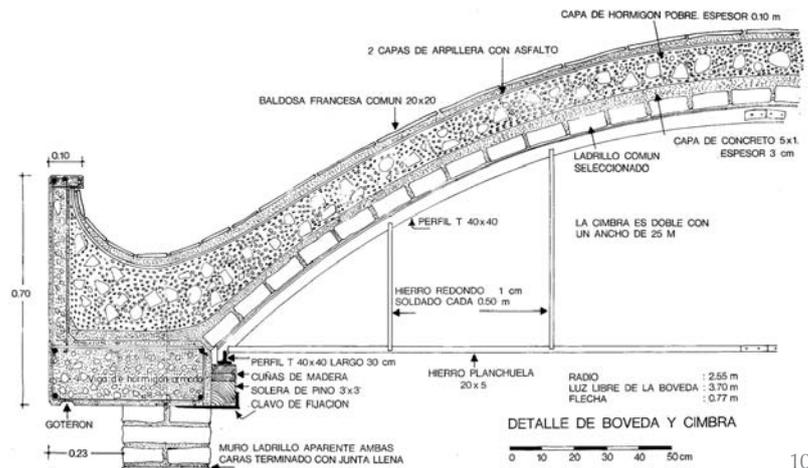
Este lenguaje se basaba en una serie de invariantes. Por lo general las viviendas, aisladas, de una única planta, se modulaban en sucesivas crujías abovedadas, organizadas en paralelo, de forma que cada crujía recogía los empujes generados por la siguiente; en las crujías laterales, la estabilidad del conjunto se conseguía mediante contrafuertes, tirantes y vigas de hormigón armado (figuras 10a, 10b y 10c). Las bóvedas (al principio tabicadas, de ladrillo y mortero, sin ningún tipo de armado) apoyaban en gruesos muros paralelos de fábrica, aligerados por huecos adintelados (36). La mayor parte de estas bóvedas se construyó sobre pequeñas cimbras correderas (si bien en *Viviendas con bóvedas* se menciona la posibilidad de construir bóvedas tabicadas al aire, en la descripción de la construcción de cada vivienda siempre se detalla el tipo de cimbra utilizado (37)), casi siempre con doble rosca, o con rosca sencilla y una capa de hormigón de entre 5 y 7 centímetros (y sólo ocasionalmente con el macizado de hormigón que Le Corbusier empleó en sus construcciones (38)). Las bóvedas se cubrían, directamente, con diferentes soluciones de impermeabilización, desde la arpillera con asfalto hasta la cubierta verde.

Con todo, tal vez el principal rasgo común a todos estos edificios no fuera de orden formal, sino funcional. Las viviendas levantadas por esta generación de arquitectos pretendieron ser, por encima de todo, construcciones eficaces, tanto en lo funcional como en lo económico. El empleo de bóvedas tabicadas no fue nunca una decisión de carácter estético; eran tan sólo una solución razonable (una entre muchas; otras construcciones contemporáneas de los mismos arquitectos empleaban soluciones distintas) que permitía resolver, de un modo eficaz, determinados problemas constructivos.

En los siguientes apartados se resumen los principales edificios levantados con bóvedas por estos arquitectos. Se han dividido en cuatro apartados: las primeras experiencias intro-



10b



10c

ductorias con sistemas de bajo coste, protagonizadas por Sacriste; las viviendas para la clase media, en las que participa el entorno del maestro; las transiciones hacia la cerámica armada, en las que se deja notar la influencia de Eladio Dieste; y las experiencias con sistemas de prefabricación, que anticipan las realizadas a finales del siglo XX.

5.1. Edificios de muy bajo coste

Uno de los primeros ejemplos de vivienda, inspirada más en la tradición de la laguna de Mar Chiquita (Córdoba) que en la modernidad arquitectónica, es la Casa Experimental Clérico Hermanos, en la provincia de Salta (figuras 11a, 11b y 11c). Construida con intención experimental, "para entrenar los peones que construirían a posteriori las casas principales si se aprobaba el sistema" sus bóvedas no empleaban "ladrillo hueco, sino

10a. Casa "A" Clérico Hermanos, de E. Sacriste. Salta, 1958.

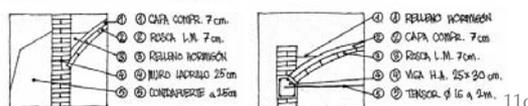
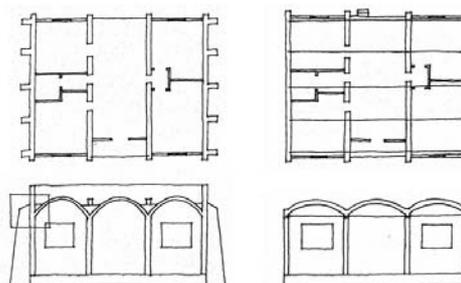
10b. Cimbra corredera para el encofrado de la bóveda. Casa "A" Clérico Hermanos, de E. Sacriste. Salta, 1958.

10c. Detalle de la sección tipo de la Casa "A" Clérico Hermanos, de E. Sacriste. Salta, 1958 (35).

11a. Casa experimental Clérico Hermanos, de Sacriste. Salta, 1948.

11b. Casa experimental en San Miguel de Tucumán, de Sacriste. San Miguel de Tucumán, 1948.

11c. Detalles de ambos edificios (41).



11a



11b

12a. Casa Sarabhai, de Le Corbusier. Admehabad, India, 1956 (44).
 12b. Detalle constructivo de la Casa Sarabhai (45).

13. Casa "A" Clérico Hermanos, de E. Sacriste. Salta, 1958 (46).

14a. Interior actual de la Casa Iriarte, de W. Coppens. San Miguel de Tucumán.

14b. Interior actual de la Casa Wright, de M. Goldman, H. Ramos y J. Erbin. Buenos Aires, 1971.

15a y 15b. Interior y vista general actual de la Casa Muntaner, de W. Coppens. San Miguel de Tucumán.

tejuela y ladrillo común producidos en el establecimiento". Los empujes eran recogidos lateralmente por simples contrafuertes de fábrica, con la intención de evitar el acero, un material caro en el contexto de carestía posterior a la segunda guerra mundial. Sacriste afirma que "el éxito de esta casita fue tal (por su facilidad de construcción y economía) que ha sido adoptada por el establecimiento" (39).

Sacriste ensayó una variante sobre este sistema en la casa Experimental de San Miguel de Tucumán, también de 1948. Es prácticamente idéntica a la anterior, pero se sustituyeron los contrafuertes por sistemas de atirantado, con la intención de comprobar si el ahorro que suponía la fábrica no realizada compensaba el coste del acero. Sacriste afirma que fue "una construcción muy económica" y que "se tuvo la certeza de que costaba un 30% menos que cualquier casa convencional en la provincia con superficie similar"; sin embargo "el análisis del costo y horas de trabajo que se pretendió hacer fracasó por negligencia del contratista" (42).

5.2. Bóvedas para la clase media

El entorno de Sacriste empleó también bóvedas tabicadas en viviendas construidas con más recursos, experimentando con soluciones más elaboradas. Son frecuentes las combinaciones de bóvedas y tensores de diversos tipos con vigas de hormigón, de canto o planas. Como puede verse en los ejemplos adjuntos, la mayor parte estas viviendas recuerdan poderosamente a la casa Sarabhai (figuras 12a y 12b), como Sacriste reconoce:

"El empleo de bóvedas soportadas por muros portantes paralelos tiene el inconveniente de la rigidez de la planta y la poca variedad del espacio creado; esto ha sido superado por Le Corbusier en su Casa Sarabhai, con el método empleado por nosotros en estas viviendas, consistente en tener una viga corrida sobre

los muros que permita abrir vanos en los muros longitudinales donde se desee" (43).

Son varias las viviendas construidas con este sistema (común en las viviendas abovedadas de la modernidad, desde las seminales Casas Garraf, de J. L. Sert). Sacriste lo empleó en su Casa Clérico; no la experimental, sino la definitiva, de mayor tamaño, construida para los dueños del complejo (figura 13).

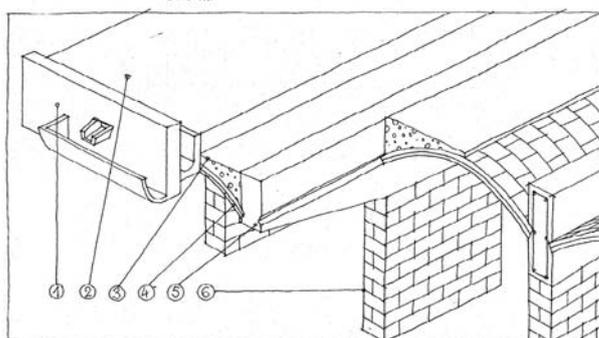
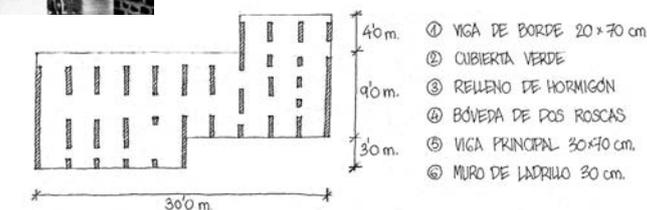


13

Similares son la Casa Iriarte (figuras 14a), obra de Wilfred O. C. Coppens, o la Casa Muntaner (figuras 15a y 15b), obra del mismo arquitecto. Una variante interesante es la de la posterior Casa Wright (14b), de 1971, obra de M. Goldman, H. Ramos y J. Erbin. en la que los arquitectos jugaron con volúmenes más complejos.



12a



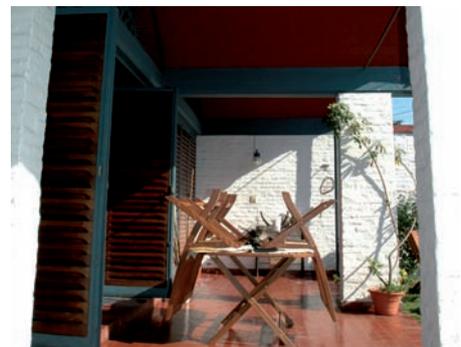
12b



14a



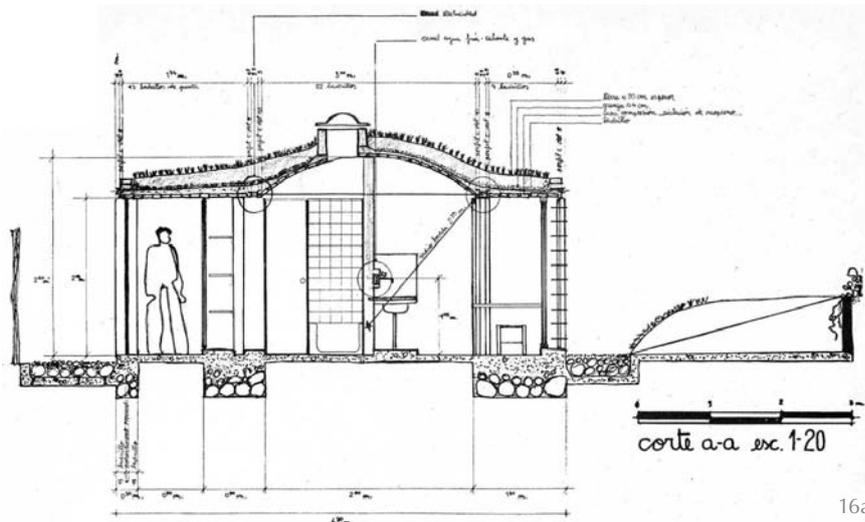
14b



15a



15b



16b



16c

Más ingeniosas son las variantes sobre este sistema en las que la geometría del proyecto ayuda a recoger los empujes del abovedado. Es el caso de las losas de hormigón ligeras empleadas en los apoyos de las bóvedas de la Casa Gigli (figuras 16a, 16b y 16c), que actúan a modo de arbotante, recogiendo el empuje de la única bóveda central, que descansa sobre los muros principales. La sección del edificio (una iglesia de tres naves a la escala de la vivienda), se remataba con una cubierta verde, que se encuentra en la actualidad, como por lo demás todo el edificio, en perfecto estado de conservación.

Parecidas soluciones pueden encontrarse en la Casa Gayraud (figura 17a), para la que los arquitectos diseñaron un juego de vigas planas a insertar entre bóvedas de medio punto, o en la Casa Larrán (figuras 17b y 17c), rematada lateralmente por canalones ocultos que hacen las veces de vigas de borde, recogiendo los empujes de la cubierta.

5.3. Ensayos con cerámica armada

En otros casos, estos arquitectos utilizaron sistemas que se aproximaban a los experimentos contemporáneos con cerámica armada (50). Es el caso de la ya mencionada Casa Larrán (figura 18a), cuya solución armada recuerda poderosamente a los detalles de Eladio Dieste (figura 18b) para sus obras más sencillas (51). Se trata de un sistema de una única rosca de ladrillo, en cuyas llagas (en la dirección de la curvatura) se insertan dos barras de acero, de pequeño diámetro, a modo de positivo y negativo continuos; sobre esta rosca, una serie de redondos longitudinales (perpendiculares a la curvatura) refuerzan –y rigidizan– la estructura. La construcción se remató con una baldosa cerámica sobre una mezcla de asiento, sin aislamiento alguno.

En un texto reciente Larrán afirma que pretendía diseñar “una estructura de hormigón armado antisísmica, razón que indujo a construir las bóvedas con ladrillo cerámicos armados”.

16a. Sección de la Casa Gigli. Tucumán, 1965.

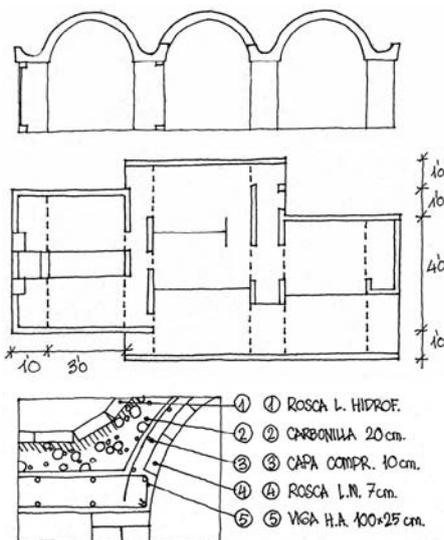
16b. Vista actual de la Casa Gigli.

16c. Vista principal de la Casa Gigli (47).

17a. Casa Gayraud, de Lamadrid y Ternavasio. Santiago del Estero, 1969 (48).

17b. Casa Larrán, de E. Larrán. Salta (49).

17c. Vista exterior de la Casa Larrán en la actualidad.



17a

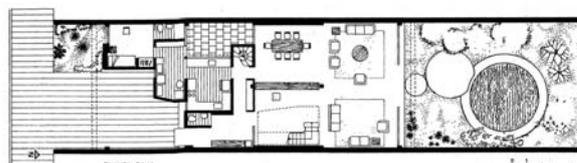
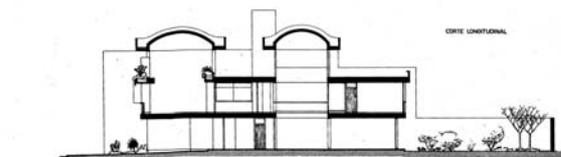


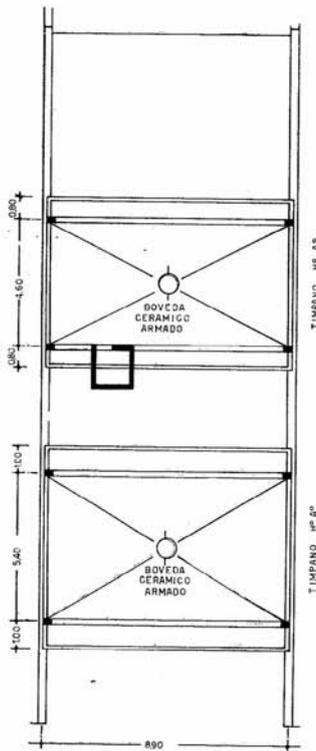
Fig. 145. Planta baja, Casa Larrán.



17b

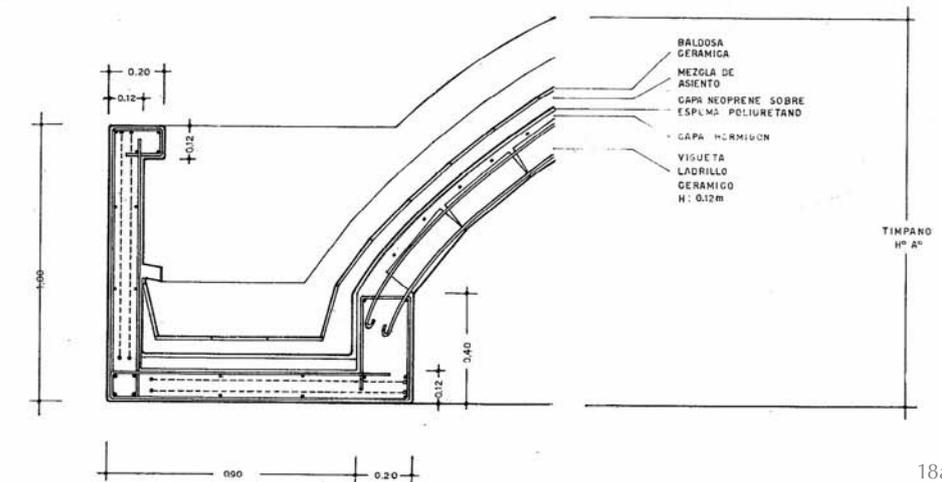


17c

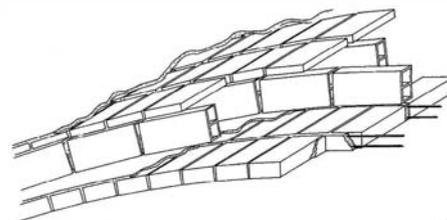


18a. Casa Larrán, de E. Larrán. Salta (52).

18b. Interpretación de la estructura abovedada de la Casa Berlingieri, de Bonet y Dieste. Punta Ballena, Uruguay, 1946 (53).



18a



18b

19a y 19b. Construcción de la Casa Carrieri, de Carrieri, Rariz y Horodniceanu. San Juan, 1961 (55).

19c. Esquemas de construcción de la Casa Carrieri (56).

Parece, así, que el motivo que indujo a emplear este tipo de solución en algunas de estas viviendas fue la preocupación por los problemas de sismo. El problema, efectivamente, existe; otra cuestión es que un sistema de cerámica armada sea idóneo en un contexto de este tipo (54).

5.4. Prefabricación de bóvedas

También son interesantes los ensayos con prefabricación abovedada. En los años 60 y 70, en el contexto general de un creciente interés por la prefabricación arquitectónica, Sa-

criste y su entorno ensayaron sistemas de prefabricación de elementos abovedados de fábrica, buscando una solución para sus problemas para construir estas bóvedas: la carestía de materiales y la escasez de mano de obra cualificada.

En la Casa Carrieri (1961) se emplearon sistemas prefabricados de gran interés (figuras 19a, 19b y 19c). El módulo era una pequeña bóveda prefabricada de ladrillo ("costilla", en lo sucesivo), que actuaba como generador de los diferentes espacios. Cada costilla, cuyas dimensiones eran aproximadamente de 3 m. en su dimensión mayor (con lo que cubría por completo el ámbito previsto) y de unos 50 cm. en la menor, se prefabricaba en un taller en obra, al modo del contemporáneo sistema Beno. Se construyeron sobre un molde-cimbra de mampostería terminado en mortero:

"Para las construcción de las bóvedas se utilizaron "costillas" armadas y prefabricadas in situ sobre cuatro moldes de curvas ajustadas según plantillas dobles. Sobre las superficies de los moldes marcados y engrasados previamente se iban disponiendo mitades de ladrillos huecos. Luego de construidas y curadas, estas unidades autorresistentes se apoyaban directamente en los muros longitudinales, sin utilizar cimbras y conectando los hierros de las viguetas con las armaduras invertidas de encadenado superior" (57).

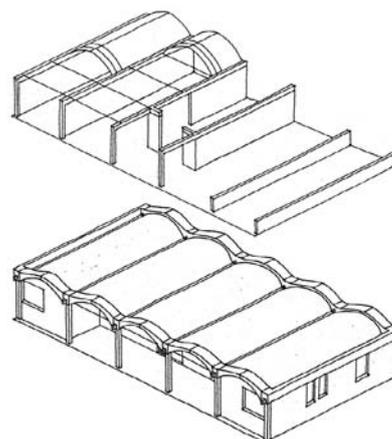
Una vez acabada, cada costilla podía levantarse entre varias personas con relativa facilidad (puede estimarse un peso de unos 200 kg. por pieza), colocarse en la posición



19a



19b



19c

prevista y recibirse sobre el muro. Sacriste no ofrece datos sobre el armado, aunque parece lógico pensar que la intención de la armadura fuera, sobre todo, la de permitir el desmoldado y transporte de la pieza, así como facilitar la conexión de la misma, una vez colocada, con otras costillas o con los muros testeros o de apoyo. Es de suponer un armado ligero, como el de otros proyectos semejantes (58).

En *Viviendas con bóvedas* no se dan demasiados detalles sobre el proceso de montaje, si se pone el énfasis en la prefabricación como proceso de simplificación de la construcción: "La construcción de esta obra [...] no fue llevada a cabo por una empresa constructora convencional sino por una mano de obra de un equipo mínimo de personas, incluyendo al propietario, durante no menos de 18 meses a partir de año 1961" (59). La construcción parece sumamente sencilla, si bien, dado el tamaño de las piezas, tanto su movimiento en obra como su montaje (sin maquinaria de ayuda) debió suponer cierta dificultad.

Otros arquitectos e ingenieros trabajaron en aquel tiempo con sistemas semejantes. Las similitudes con el trabajo del mexicano González-Lobo son evidentes. González-Lobo desarrolló un procedimiento para la construcción con este tipo de prefabricados (y la patente CGL-2) que empleó en muchas construcciones durante las últimas décadas del siglo XX (figuras 20a, 20b y 20c). Muchas de sus soluciones son coincidentes con las planteadas por el entorno de Sacriste, si bien González Lobo recurre, por lo habitual, a piezas de menor tamaño (y mayor manejabilidad) que suele completar con una gran espina central en la que se conectan las costillas. Sus estudios analizan todas las posibilidades que ofrece el sistema y detallan con profusión los procesos de construcción.

Hubo más ensayos de prefabricación abovedada contemporáneos; por ejemplo, el cercano caso brasileño de Lefevre e Imperio, quienes construyeron con métodos semejantes su Juarez Brandao House (1968) (62) y defendieron, desde un punto de vista teórico (en *Arquitetura Nova*, el grupo que formaron en los 60) la prefabricación de fábrica semiarmada como sistema óptimo para la construcción de bajo coste.

6. COSTE ECONÓMICO E IMPACTO AMBIENTAL

Estas experiencias son, a día de hoy, sumamente interesantes, ya que son estudios sobre coste y sostenibilidad de bóvedas reales (es decir, de carácter práctico) y aportan gran cantidad de datos. Es evidente que la intención de los constructores de *Viviendas con bóvedas* era conseguir costes asequi-

bles -empleando materiales locales de fácil acceso y reduciendo las necesidades de mano de obra y de materiales costosos: (acero y encofrado)- y, a la vez, construir edificios integrados en el entorno, procurando reducir en lo posible el impacto ambiental de su construcción, dando prioridad a las ventilaciones naturales, los porches, las verandas, los parasoles o los pórticos en su diseño. Cada vivienda es, a su modo, un estudio de vivienda ideal, realizado desde cierto interés por la dimensión ecológica de arquitectura, en la medida que esto era factible en aquellos años.

Así, es posible, y esto es esencial, leer *Viviendas con bóvedas* como la historia de la investigación de un diseño óptimo; como la historia de la investigación en una tipología de vivienda abovedada, de muy bajo coste y que funcione energéticamente, de forma idónea, en un entorno determinado.

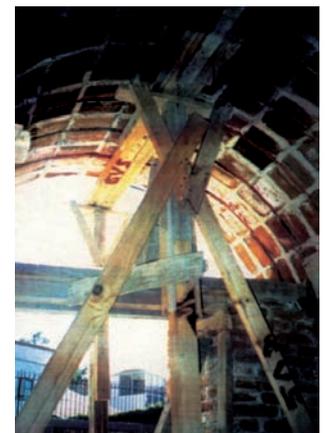
En rigor no es posible una simple comparación entre edificios. Cada vivienda debía responder a diferentes programas arquitectónicos, distintos requerimientos locales, etc. Sin embargo, sí es posible comparar valores generales de los sistemas constructivos empleados. En los siguientes apartados se aportan mediciones y estimaciones sobre coste económico, coste energético de producción y emisiones de CO₂ generadas por bóvedas y estructuras murarias de algunas de las propuestas realizadas por Sacriste y su entorno (tabla 01). Para elaborarlas, se ha utilizado la documentación aportada por el propio Sacriste, se han realizado varios levantamientos in situ y se han tomado datos de la base del banco BEDEC PR/PCT del Instituto de Tecnología de Cataluña (63).

20a y 20b. Proceso de construcción del sistema CGL-2, de C. González-Lobo (60).

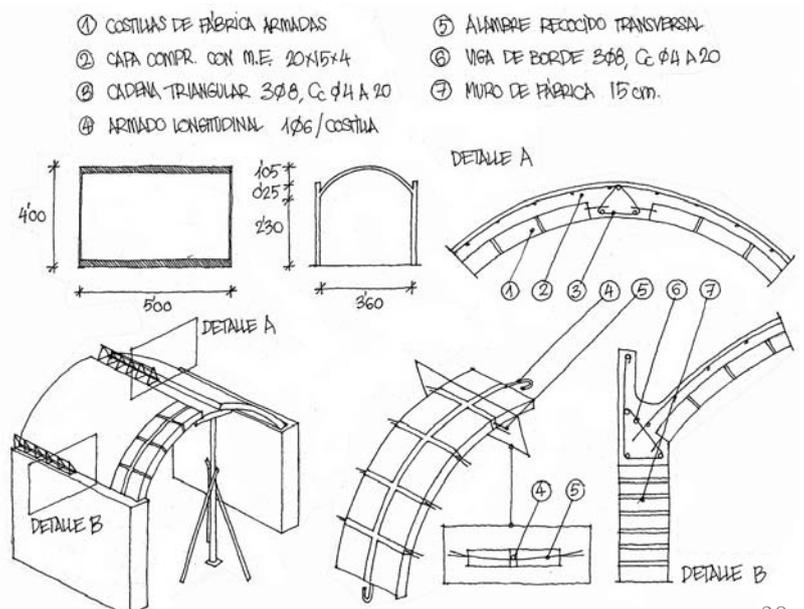
20c. Esquemas de construcción del sistema CGL-2 (61).



20a



20b



20c

Algunas acotaciones sobre estos valores. Las medidas que se ofrecen se apoyan en una documentación gráfica aproximativa (algunos de los edificios que se estudian han desaparecido; de otros no existen referencias gráficas precisas) y de tomas de datos sobre el terreno (en las que sólo ha sido posible intuir los detalles de algunas soluciones constructivas). Por lo que se refiere al coste, se ha empleado un código de Unidad de Coste (UC), dada la dificultad de comparar los valores de la época con los actuales. Por lo que toca al impacto ambiental se han estudiado el consumo energético, en MJ, y las emisiones de CO₂. Se incluyen solo estructuras, no impermeabilizaciones ni cerramientos. Los datos se han completado también con los de la base del banco BEDEC PR/PCT del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (64).

nos y San Miguel de Tucumán. La primera, con un sistema de muros de carga con contrafuertes adosados, fue evolucionando poco a poco hacia un modelo en el que los empujes fueran recogidos por tensores. Obviamente es difícil conocer hoy con exactitud el coste de los materiales y la mano de obra en aquel contexto, pero, teniendo en cuenta las bajísimas cuantías (y repercusiones) del acero en estas construcciones, parece lógico pensar que, por caro que éste fuera, difícilmente justificaría el casi 15% de diferencia que el cuadro muestra entre una solución y otra. Sacriste parece, en efecto, haber realizado este análisis, al afirmar que “se tuvo la certeza de que [la casa] costaba un 30% menos que cualquier casa convencional [...] de superficie similar” (65). Habla de la vivienda completa, por supuesto, cuando aquí estamos hablando tan sólo de la estructura de fábrica.

Tabla 1

Cuadro resumen de los edificios detallados en viviendas con bóvedas. Se construyeron más, entre otras la conocida Casa Shujman (Sacriste, 1951)

Nombre	Arquitecto	Situación
Casa experimental Clérico	E. Sacriste	El Galpón - Salta
Casa experimental Tucumán	E. Sacriste y H. Caminos	San Miguel de Tucumán - Tucumán
Casas Clérico Hermanos	E. Sacriste	El Galpón - Salta
Casa Arzuaga	Asencio, Fracchia, Garat, Iglesia y Onda	Mercedes - Corrientes
Casa Azzoni	A. Azzoni	Potrerillos – Mendoza
Casa Carrieri	J. Carrieri, A. Rariz y N. Horodniceanu	San Juan - San Juan
Casa Iriarte	W. Coppens	San Miguel de Tucumán - Tucumán
Casa Gigli	L. Gigli	El Corte - Tucumán
Casa Larrán	E. Larrán	Salta - Salta
Casa Robert	T. Delgado	San Miguel de Tucumán - Tucumán
Casa Uzielli	M. Uzielli	
Casa Acosta	M. Uzielli, A. Ternavasio	San Miguel de Tucumán - Tucumán
Casa Saltor	E. Ibáñez, S. Pupareli y Estudio GTA	San Miguel de Tucumán - Tucumán
Casa Wright	M. Goldman, H. Ramos y J. Erbin	Buenos Aires - Buenos Aires
Casa Argañaraz	G. Würschmidt	
Casa Gayraud	C. Lamadrid y A. Ternavasio	Santiago del Estero - S. del Estero
Vivienda el Marquesado	Gozálvez y P. Kechichian	Buenos Aires - Buenos Aires

6.1. Coste económico e impacto ambiental en las viviendas de Sacriste y su entorno

Resulta interesante comparar algunos ejemplos prototípicos (la Casa Clérico Hermanos (tabla 02), la Casa en San Miguel de Tucumán (tabla 03), la Casa Carrieri (tabla 04), la Casa Gigli o la Gayraud) con otros edificios similares construidos fuera de Argentina, en el contexto de la modernidad arquitectónica: las Casas del Garraf (el primer acercamiento moderno a esta solución, Sert, 1935); la Casa Berlingieri (Bonet, 1946); las casas Jaoul y Sarabhai (Le Corbusier, 1955 y 1956) o las patentes Gran Galpón y Mesa Habitable (González Lobo, 70-80s).

Resulta evidente en la comparativa (tablas 05a y 05b) que Sacriste ensayó, a finales de los 40, viviendas de muy bajo coste. Los mejores ejemplos son las Casas Clérico Herma-

El coste por metro cuadrado de la Casa experimental en San Miguel de Tucumán es de unos 69,4 UC/m², casi 10 UC/m² por debajo de la Casa Experimental Clérico Hermanos. Esta diferencia justifica las primeras exploraciones de Sacriste, cuya intención era la de contrastar económicamente los sistemas contrafuerteados y los atirantados. Ambas viviendas son, junto con la Casa Gigli (65,4) las de valores más bajos de entre los edificios argentinos estudiados: la gran mayoría ronda las 90 UC/m² de la Casa Gayraud. La excepción a la regla es la Casa Carrieri, que, debido a su construcción prefabricada y a los escasos rellenos de hormigón empleados, alcanza valores de costes muy bajos, estimados en 51,8 UC/m². Puede deducirse, así, que con respecto a una solución abovedada tipo, el empleo del atirantado suponía una mejora de entre un 10 y un 15%; la utilización de sistemas prefabricados, de un 30%.

Tabla 2

Cuadro de medición, coste económico e impacto ambiental estimados de estructura, muros y cubierta de la Casa experimental Clérico Hermanos (Sacriste, 1948)

Arquitecto: E. Sacriste		Edificio: Casa experimental Clérico Hermanos							
Ubicación: Salta, Argentina				Año de construcción: 1948					
Sistema: Bóvedas tabicadas sobre cimbra corredera y contrafuertes de ladrillo									
Estructura horizontal	Tipo de estructura: Abovedada entre contrafuertes								
	Forma: Cilíndrica rebajada								
	Luz: 3,0 m.			Flecha: 50 cm.			Relación F/L: 1/6		
	Encofrado								
	Al aire: No			Parcial: Corredero			Completo: No		
Estructura vertical	Armado: Ninguno								
	Tensores: No			Vigas: No			Bóvedas: No		
	Muros: Paralelos de fábrica de ladrillo			Pilares: No					
Superficie construida: 64,9				Superficie útil: 52,2				SU/SC: 0,8	
Mediciones	Concepto	m³ fábricas estr. vertical	m³ bóvedas tabicadas	m³ rellenos		m³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	Medición	38,7	3,7		1,5	0,0	0,0	0,0	--
	Rep.m ³ /m ²	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	--
Presup.	Concepto	m³ fábricas estr. vertical	m³ bóvedas tabicadas	m³ rellenos		m³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	Precio u. (UC)	90,0	150,0	70,0	70,0	150,0	0,6	0,0	--
	Parciales (UC)	3.483,0	552,0	0,0	105,0	0,0	0,0	0,0	--
	Rep. UC/m ²	66,7	10,6	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	79,3 UC/m ²
Impacto ambiental	Concepto	m³ fábricas estr. vertical	m³ bóvedas tabicadas	m³ rellenos		m³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	C.E. ud. (MJ)	5.900,0	5.900,0	3.000,0	1.000,0	1.300,0	38,0	0,0	--
	C.E. parcial	228.330,0	21.712,0	0,0	1.500,0	0,0	0,0	0,0	--
	Rep. MJ/m ²	4.374,1	415,9	0,0	28,7	0,0	0,0	0,0	4818,8 MJ/m ²
	CO ₂ ud. (kg)	500,0	500,0	200,0	200,0	200,0	3,0	0,0	--
	CO ₂ parcial	19.350,0	1.840,0	0,0	300,0	0,0	0,0	0,0	--
	Rep. Kg/m ²	370,7	35,2	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	411,7 Kg/m ²

Tabla 3

Cuadro de medición, coste económico e impacto ambiental estimados de estructura, muros y cubierta de la Casa en San Miguel de Tucumán (Sacriste, 1948)

Arquitecto: E. Sacriste		Edificio: Casa experimental en San Miguel de Tucumán							
Ubicación: San Miguel de Tucumán, Argentina				Año de construcción: 1948					
Sistema: Bóvedas tabicadas sobre cimbra corredera atirantadas									
Estructura horizontal	Tipo de estructura: Abovedada atirantada								
	Forma: Cilíndrica rebajada								
	Luz: 3,0 m.			Flecha: 50 cm.			Relación F/L: 1/6		
	Encofrado								
	Al aire: No			Parcial: Corredero			Completo: No		
Estructura vertical	Armado: Ninguno								
	Tensores: No			Vigas: No			Bóvedas: No		
	Muros: Paralelos de fábrica de ladrillo			Pilares: No					
Superficie construida: 64,9				Superficie útil: 52,2				SU/SC: 0,8	
Mediciones	Concepto	m³ fábricas estr. vertical	m³ bóvedas tabicadas	m³ rellenos		m³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	Medición	22,1	3,7	0,0	1,5	5,7	193,8	0,0	--
	Rep.m ³ /m ²	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	3,7	0,0	--
Presup.	Concepto	m³ fábricas estr. vertical	m³ bóvedas tabicadas	m³ rellenos		m³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	Precio u. (UC)	90,0	150,0	70,0	70,0	150,0	0,6	0,0	--
	Parciales (UC)	1.989,0	555,0	0,0	105,0	855,0	116,3	0,0	--
	Rep. UC/m ²	38,1	10,6	0,0	2,0	16,4	2,2	0,0	69,4 UC/m ²
Impacto ambiental	Concepto	m³ fábricas estr. vertical	m³ bóvedas tabicadas	m³ rellenos		m³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	C.E. ud. (MJ)	5900,0	5.900,0	3.000,0	1.000,0	1.300,0	38,0	0,0	--
	C.E. parcial	130.390,0	21.830,0	0,0	1.500,0	7.410,0	7.364,4	0,0	--
	Rep. MJ/m ²	2.497,9	418,2	0,0	28,7	142,0	141,1	0,0	3.227,9 MJ/m ²
	CO ₂ ud. (kg)	500,0	500,0	200,0	200,0	200,0	3,0	0,0	--
	CO ₂ parcial	11.050,0	1.850,0	0,0	300,0	1.140,0	581,4	0,0	--
	Rep. Kg/m ²	211,7	35,4	0,0	5,7	21,8	11,1	0,0	285,9 Kg/m ²

Tabla 4

Cuadro de medición, coste económico e impacto ambiental estimados de estructura, muros y cubierta de la Casa Carrieri (Carrieri, Rariz y Horodniceanu, 1961)

Arquitectos: J. Carrieri, A. Rariz y N. Horodniceanu				Edificio: Casa Carrieri					
Ubicación: San Juan, Argentina						Año: 1961			
Sistema: Bóvedas tabicadas prefabricadas in situ, atirantadas, sobre muros de ladrillo									
Estructura horizontal	Tipo de estructura: Abovedada sobre muros y vigas								
	Forma: Cilíndrica rebajada								
	Luz: 3,2 m.		Flecha: 150 cm.			Relación F/L: 1/2			
	Encofrado: sobre lomos de prefabricación								
	Al aire: No			Parcial: No			Completo: No		
Estructura vertical	Armado: Vigas de borde y contrarresto								
	Tensores: Si		Vigas: 5 Φ 12			Bóvedas: 1 Φ 4 / 40 cm.			
Estructura vertical		Muros: Paralelos de ladrillo				Pilares: No			
Superficie construida:		260,0		Superficie útil:		236,6	SU/SC: 0,9		
Mediciones	Concepto	m³ fábricas estr. vertical	m³ bóvedas tabicadas	m³ rellenos		m³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	Medición	70,2	19,9	0,0	19,9	7,0	850,3	0,0	--
	Rep.m³/m²	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	3,6	0,0	--
Presup.	Concepto	m³ fábricas estr. vertical	m³ bóvedas tabicadas	m³ rellenos		m³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	Precio u. (UC)	90,0	150,0	70,0	70,0	150,0	0,6	0,0	--
	Parciales (UC)	6.318,0	2.985,0	0,0	1.393,0	1.050,0	510,2	0,0	--
	Rep. UC/m²	26,7	12,6	0,0	5,9	4,4	2,2	0,0	51,8 UC/m²
Impacto ambiental	Concepto	m³ fábricas estr. vertical	m³ bóvedas tabicadas	m³ rellenos		m³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	C.E. ud. (MJ)	5.900,0	5.900,0	3.000,0	1.000,0	1.300,0	38,0	0,0	--
	C.E. parcial	414.180,0	117.410,0	0,0	19.900,0	9.100,0	32309,5	0,0	--
	Rep. MJ/m²	1.750,5	496,2	0,0	84,1	38,5	136,6	0,0	2.505,9 MJ/m²
	CO ₂ ud. (kg)	500,0	500,0	200,0	200,0	200,0	3,0	0,0	--
	CO ₂ parcial	35.100,0	9.950,0	0,0	3.980,0	1.400,0	2.550,8	0,0	--
	Rep. Kg/m²	148,4	42,1	0,0	16,8	5,9	10,8	0,0	223,9 Kg/m²

Tabla 5a

Comparativo de repercusiones en medición

Edificio/sistema	Repercusiones en medición, en m³ o Kg/m² útil							
	m³ fábricas e. vertical	m³ bóvedas tabicadas	m³ rellenos		m³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
			fábrica	hormigón				
Casa exp. Clérigo Hermanos	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	--
Casa exp. S. Miguel Tucumán	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	3,7	0,0	--
Casa Gigli	0,5	0,1	0,0	0,1	0,0	3,8	0,0	--
Casa Gayraud	0,5	0,1	0,0	0,3	0,1	4,0	0,0	--
Casa Carrieri	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	3,6	0,0	--
Gran Galpón	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	4,9	0,0	--
Mesa habitable	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	4,5	0,0	--
Casa Belinghieri	0,4	0,2	0,2	0,0	0,1	4,1	0,0	--
Casa Sarabhai	0,4	0,2	0,0	0,1	0,1	7,0	0,0	--

Tabla 5b

Comparativo de repercusiones en coste

Edificio/sistema	Repercusiones en coste, en UC/m² útil							
	m³ fábricas e. vertical	m³ bóvedas tabicadas	m³ rellenos		m³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
			fábrica	hormigón				
Casa Clérigo Hermanos	66,7	10,6	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	79,3
Casa S. Miguel Tucumán	38,1	10,6	0,0	2,0	16,4	2,2	0,0	69,4
Casa Gigli	40,5	15,7	0,0	6,9	0,0	2,3	0,0	65,4
Casa Gayraud	44,0	11,8	0,0	18,2	14,0	2,4	0,0	90,3
Casa Carrieri	26,7	12,6	0,0	5,9	4,4	2,2	0,0	51,8
Gran Galpón	18,5	11,4	0,0	0,0	13,8	2,9	0,0	46,6
Mesa habitable	14,4	13,4	0,0	0,0	15,3	2,7	0,0	45,8
Casa Belinghieri	38,5	25,9	12,6	0,0	12,0	2,5	0,0	91,5
Casa Sarabhai	38,6	28,8	0,0	10,5	12,8	4,2	0,0	95,0

La preocupación de los arquitectos argentinos por todo lo relacionado con el coste energético (tablas 06a y 06b), tanto del proceso constructivo como de mantenimiento del producto construido, queda patente en un buen número de elecciones constructivas, así como en numerosos comentarios. En general emplearon siempre materiales locales, en lo posible de bajo impacto: "En la parte superior de las bóvedas para formar los canales de desagüe y dar la pendiente necesaria a los mismos se empleó hormigón liviano hecho en base a ceniza de cáscara de arroz muy abundante en ese establecimiento" (66). Además, se emplearon diferentes soluciones formales, desde las galerías a los porches y verandas, con la intención de regular la relación entre el interior y el exterior de la edificación: "Las dependencias ubicadas en el frente se ven favorecidas por amplios ventanales controlados por hojas vidriadas y ventanas corredizas [...] ha sido prevista la función de antecámara térmica de la galería; su disposición aprovecha óptimamente los períodos de sol y sombra, consecuencia de la diferente incidencia solar en la galería durante el año". La mayor parte de estas viviendas incluían sistemas de uso activo (aperturas y cierres de huecos, persianas o cortinajes) por parte del propietario. (67)

Los valores de impacto ambiental de la construcción también son de interés, si bien se ven distorsionados por el empleo de materiales locales (piedra u hormigones ligeros)

en muros y rellenos. Despreciando valores de coste como el de la Casa Gigli, cuyos esbeltos muros se construyeron con piedra local, la comparativa entre los ejemplos más sencillos, la Casa experimental en San Miguel de Tucumán y la Casa Experimental Clérico Hermanos, pone de manifiesto la ventaja (3228 MJ/m² y 286 Kg/m² frente a 4.819 MJ/m² y 412 Kg/m²) de la solución atirantada, con más de un 30% de mejora en estos valores pese a la incorporación del acero. La Casa Carrieri y sus soluciones prefabricadas y ligeras mejoran aún ese valor en un 20%, con 2.506 MJ/m² y 224 Kg/m².

6.2. Referencias comparables: otras viviendas tabicadas

Tanto desde el punto de vista del coste económico como desde la óptica del impacto ambiental es interesante comparar estos ejemplos con otras construcciones. Casi todas ellas son soluciones elaboradas, comparables, en ese sentido, las casas Carrieri, Gigli o Gayraud. Los valores de estas rondan las 90 UC/m², los 4.000 MJ/m² y los 350 Kg/m². Los valores de las viviendas argentinas están, como puede comprobarse, en línea con esos otros proyectos; los de Le Corbusier, más masivos, destacan siempre por su mayor coste económico e impacto ambiental.

Las viviendas prefabricadas admiten comparación con las ya citadas patentes de C. González-Lobo: la Casa Carrieri es próxima

Tabla 6a
Comparativo de repercusiones en coste energético

Edificio/sistema	Repercusiones en consumo energético, en MJ/m ² util							
	m ³ fábricas e. vertical	m ³ bóvedas tabicadas	m ³ rellenos		m ³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
			fábrica	hormigón				
Casa Clérico Hermanos	4.374,1	415,9	0,0	28,7	0,0	0,0	0,0	4.818,8
Casa S. Miguel Tucumán	2.497,9	418,2	0,0	28,7	142,0	141,1	0,0	3.227,9
Casa Gigli	900,0	618,1	0,0	99,0	0,0	143,3	0,0	1.760,4
Casa Gayraud	2.881,4	465,6	0,0	260,0	120,9	151,0	0,0	3.878,9
Casa Carrieri	1.750,5	496,2	0,0	84,1	38,5	136,6	0,0	2.505,9
Gran Galpón	1.211,9	446,5	0,0	0,0	119,5	185,5	0,0	1.963,3
Mesa habitable	941,5	527,2	0,0	0,0	132,8	169,1	0,0	1.770,6
Casa Belinghieri	2.522,7	1.020,1	539,7	0,0	103,9	156,6	0,0	4.343,0
Casa Sarabhai	2.532,2	1.134,8	0,0	150,0	111,3	267,6	0,0	4.195,8

Tabla 6b
Comparativo de repercusiones en emisiones de CO₂

Edificio/sistema	Repercusiones en emisiones de CO ₂ , en Kg/m ² util							
	m ³ fábricas e. vertical	m ³ bóvedas tabicadas	m ³ rellenos		m ³ hon. resistente	Kg. acero refuerzos	otros	Totales
			fábrica	hormigón				
Casa Clérico Hermanos	370,7	35,2	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	411,7
Casa S. Miguel Tucumán	211,7	35,4	0,0	5,7	21,8	11,1	0,0	285,9
Casa Gigli	45,0	52,4	0,0	19,8	0,0	11,3	0,0	128,5
Casa Gayraud	244,2	39,5	0,0	52,0	18,6	11,9	0,0	366,2
Casa Carrieri	148,4	42,1	0,0	16,8	5,9	10,8	0,0	223,9
Gran Galpón	102,7	37,8	0,0	0,0	18,4	14,6	0,0	173,6
Mesa habitable	79,8	44,7	0,0	0,0	20,4	13,4	0,0	158,2
Casa Belinghieri	213,8	86,4	36,0	0,0	16,0	12,4	0,0	364,6
Casa Sarabhai	214,6	96,2	0,0	30,0	17,1	21,1	0,0	379,0

en coste e impacto a las propuestas Gran Galpón o Mesa Habitable, para las que se han estimado valores de unos 46 UC/m², 1.800-1.900 MJ/m² y 160-170 Kg/m², lo que supone una rebaja de apenas un 10% sobre los costes de la Casa Carrieri. Una mejora, sin embargo, debida a la gran esbeltez de los elementos de fábrica de la propuesta de González-Lobo, que repercutiría de forma negativa en la eficiencia energética del producto construido, al menos en la zona del interior argentino en que se construyeron estos edificios.

6.3. Referencias comparables: Sistemas de hormigón

La comparación con soluciones de hormigón, comunes en aquellos años, también aporta datos de interés (tabla 07). Por lo que se refiere al coste económico, la diferencia es difícil de estimar. La repercusión de la mano de obra en la construcción de estas bóvedas es muy alta; su empleo se justifica sólo en zonas en las que los costes de mano de obra sean bajos o moderados. En el período en el que se construyen los edificios estudiados en el presente artículo (las décadas de los 50, 60 y 70) se produjo en Argentina un paulatino incremento de estos costes, acompañado de un cada vez más fácil acceso a materiales industriales (cemento y acero, principalmente) que, como ha sucedido en otras partes del mundo, ha permitido que las soluciones de hormigonería, in situ o prefabricada, se hayan impuesto.

crise a finales de los años 40, manteniendo los costes por unidad propuestos para las bóvedas. Como puede comprobarse, la solución es muy similar en coste (81,90 UC/m²) a la Casa experimental Clérico Hermanos (79,3 UC/m²), abovedada con contrafuertes, y casi un 15 por ciento más cara que su evolución, la Casa experimental en San Miguel de Tucumán (69,4 UC/m²). Por lo que se refiere al impacto ambiental, las diferencias en producción de la solución de hormigón (3.468 MJ/m² y 309,7 Kg/m²) mejora la propuesta de Clérico Hermanos (4.819 MJ/m² y 412 Kg/m²), y es similar a la de San Miguel de Tucumán (3.228 MJ/m² y 286 Kg/m²), si bien es cierto que no se han considerado rellenos, en el caso de la losa, sobre las cubiertas, que aumentarían estos valores y mejorarían el comportamiento constructivo de la solución acabada.

7. CONCLUSIONES

En el ámbito de la construcción arquitectónica existe, en la actualidad, una corriente que podríamos llamar de *reivindicación utilitaria* de la obra de fábrica. En la última década del pasado siglo XX y en la primera de este XXI se ha venido produciendo una paulatina reivindicación (al menos en el ámbito académico) de la construcción con obra de fábrica, habida cuenta de sus virtudes constructivas (en determinadas zonas: fácil disponibilidad de material sencillez de montaje, etc.), económicas y, sobre todo, de eficiencia energética, tanto en lo que se refiere al coste de la

Tabla 7
Cuadro de coste económico e impacto energético de una solución alternativa mediante losa de hormigón de 22 cm

Superficie construida:		64,9	Superficie útil:		52,2	SU/SC:	0,8		
Mediciones	Concepto	m ³ fábricas estr. vertical	m ³ bóvedas tabicadas	m ³ rellenos		m ³ hon. resistente	kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	Medición	22,1	0,0	0,0	0,0	14,3	1.168,2	0,0	--
	Rep.m ³ /m ²	0,4	0,0	0,0	0,0	0,22	60,0	0,0	--
Presup.	Concepto	m ³ fábricas estr. vertical	m ³ bóvedas tabicadas	m ³ rellenos		m ³ hon. resistente	kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	Precio u. (UC)	90,0	0,0	0,0	0,0	150,0	0,6	0,0	--
	Parciales (UC)	1.989,0	0,0	0,0	0,0	2.142,0	700,9	0,0	--
	Rep. UC/m ²	38,1	0,0	0,0	0,0	33,0	10,8	0,0	81,9 UC/m ²
Impacto ambiental	Concepto	m ³ fábricas estr. vertical	m ³ bóvedas tabicadas	m ³ rellenos		m ³ hon. resistente	kg. acero refuerzos	otros	Totales
				fábrica	hormigón				
	C.E. ud. (MJ)	5.900,0	0,0	0,0	0,0	1.300,0	38,0	0,0	--
	C.E. parcial	130.390,0	0,0	0,0	0,0	18.564,0	44.391,6	0,0	--
	Rep. MJ/m ²	2.497,9	0,0	0,0	0,0	286,0	684,0	0,0	3.467,9 MJ/m ²
	CO ₂ ud. (Kg)	500,0	0,0	0,0	0,0	200,0	3,0	0,0	--
	CO ₂ parcial	11.050,0	0,0	0,0	0,0	2.856,0	3.504,6	0,0	--
Rep. Kg/m ²	211,7	0,0	0,0	0,0	44,0	54,0	0,0	309,7 Kg/m ²	

A modo de ejemplo se ha realizado una estimación de costes de una solución de hormigón. Se ha estudiado la posibilidad de emplear una losa de 22 cm. de canto en el modelo de vivienda experimentado por Sa-

solución constructiva como en lo que toca a la eficacia de la edificación terminada. Estas ventajas han propiciado el desarrollo de nuevos sistemas de construcción, así como el florecimiento de estudios sobre métodos

tradicionales: en los últimos años hemos asistido a una proliferación sin precedentes de los trabajos sobre adobes, bloques de tierra compactada, etc.

También las bóvedas tabicadas también han empezado a ser retomadas y estudiadas, en este contexto, de forma reciente. Muchos de los edificios que emplean actualmente este tipo de bóvedas (68) lo hacen reivindicando estos criterios de eficiencia. Sin embargo, estas nuevas experiencias del siglo XXI han perdido cualquier conexión con las tradiciones de construcción tabicada. Entre los antiguos constructores sí era posible establecer una conexión directa maestro-alumno, o trazar una suerte de líneas de relación, o de influencia, entre unas y otras construcciones. Los ejemplos recientes, sin embargo, rompen, en gran medida, con esa tradición.

El interés de los trabajos de Sacriste y sus colaboradores es, desde esta perspectiva, doble. Por un lado, son un precedente de extraordinario valor, ya que su reciclaje de la

construcción tabicada (con intenciones de estricta eficacia, en lo técnico y en lo económico) resulta sumamente inspirador para la construcción actual (máxime teniendo en cuenta que sus ensayos con todo tipo de soluciones abovedadas, son parte de la búsqueda de una solución constructiva óptima, tanto desde el punto de vista del coste como del impacto ambiental de la solución). Por otra parte, y desde un punto de vista histórico, el interés de estas experiencias no está sólo en el hecho de que constituyan otro viaje, poco conocido, de las bóvedas tabicadas; también, y de forma muy señalada, en el hecho de que Sacriste y los arquitectos de su entorno emplearon estas bóvedas desde el conocimiento, detallado y directo, de la tradición. Es cierto que lo hicieron siguiendo los criterios de la modernidad arquitectónica; pero siempre estuvieron vinculados con las antiguas tradiciones constructivas, que estos arquitectos pudieron conocer, todavía, de primera mano.

Fotografías y dibujos de los que no se ofrecen referencias: Julián García, Candela Oliva y Analía Rondón.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Collins, G.: *El paso de las cáscaras delgadas de fábrica desde España a América en Las bóvedas de Guastavino en América*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 1999, 19-45.
- (2) Huerta, S. (ed.): *Las bóvedas de Guastavino en América*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 1999a. L.13.
- (3) García-Gutiérrez, J.: *El sistema de bóvedas tabicadas en Madrid: de Juan Bautista Lázaro (1849-1919) a Luis Moya (1904-1990)*, en Actas del I Congreso de Historia de la Construcción, 231-241. Madrid, 1996.
- (4) Moya, L.: *Bóvedas Tabicadas*. COAM. Madrid, 1993.
- (5) Tomlow, J.: "La bóveda tabicada y el nacimiento de la cerámica armada", en *Las bóvedas de Guastavino en América*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 1999.
- (6) Maniaque, C.: *Le Corbusier and the Maisons Jaoul*. Princeton Architectural Press. Nueva York, 2009.
- (7) Loomis, J. A.: *Revolution of forms: Havana's Forgotten Art Schools*. Princeton Architectural Press. Nueva York, 1999.
- (8) García, J.: *Visto o revocado. Consideraciones sobre la ejecución de fábricas de ladrillo*. En Actas del IV Congreso de Historia de la Construcción. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 2005, 463-469.
- (9) García, J. y Martín, C.: "Una escalera tabicada al aire", en *Oppidum: Cuadernos de investigación*, nº 3. USEK. Segovia, 2007, 317-328.
- (10) Truñó, A.: *Construcción de bóvedas Tabicadas*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 2004, y García, J. y Martín, C.: "Una escalera tabicada al aire", en *Oppidum: Cuadernos de investigación*, nº 3. USEK. Segovia, 2007, 317-328.
- (11) Truñó, A.: *Construcción de bóvedas Tabicadas*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 2004, p. 184, y García, J.: *Obra de fábrica y cooperación al desarrollo*. Tesis no publicada. UPM. Madrid, 2010, 33.
- (12) Huerta, S.: "Mecánica de las bóvedas tabicadas", en *Arquitectura COAM 339*. COAM. Madrid, 2005, 102-111.
- (13) Luján Muñoz, L.: *El arquitecto mayor Diego de Porres, 1677-1741*. Editorial Universitaria de Guatemala. Guatemala, 1982, 68.
- (14) Ochsendorf, J.: *Guastavino Vaulting: The Art of Structural Tile*. Chronicle Books LLC. New York, 2010.
- (15) Sacriste, E.: *Casas y templos*. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, 1986, 117.
- (16) Marigliano, F.: *El Instituto de Arquitectura y Urbanismo de Tucumán*. Tesis Doctoral no publicada. ETSAM. Madrid, 2003.
- (17) Grossman, L. J.: *Arquitectos*. Ediciones Infinito. Buenos Aires, 2003, 146.
- (18) Sacriste, E.: *Casas y templos*. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, 1986.
- (19) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977.
- (20) Luján Muñoz, L.: *El arquitecto mayor Diego de Porres, 1677-1741*. Editorial Universitaria de Guatemala. Guatemala, 1982; Ochsendorf, J. *Guastavino Vaulting: The Art of Structural Tile*. Chronicle Books LLC. New York, 2010.
- (21) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 5-32; Sacriste, E.: *Casas y templos*. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, 1986.
- (22) Oliver, P. *Dwellings: The vernacular house worldwide*. Phaidon Press. Londres, 2003.
- (23) Rodríguez, A. y Hernando, R.: *La bóveda tabicada y el movimiento moderno español*, en Actas del V Congreso de Historia de la Construcción. Burgos, 2007, 763-774.

- (24) Freixa, J.: *Josep Lluís Sert*. Gustavo Gili. Barcelona, 1981.
- (25) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 43-47.
- (26) Gulli, R.: "La huella de la construcción tabicada en la arquitectura de Le Corbusier", en *Las bóvedas de Guastavino en América*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 1999, 77; y González, J. L.: "Memorias de los años 50. Conversación con Francisco Pizano". *Revista de Arquitectura de la Universidad de los Andes*, nº 3 - *Colombia moderna, ¿patrimonio?* Universidad de los Andes. Bogotá, 2008.
- (27) Merro, D.: *El autor y el intérprete*. Le Corbusier y Amancio Williams en la Casa Curutchet. Tesis Doctoral no publicada. ETSAM. Madrid, 2009.
- (28) Vásquez, C.: *La Casa Errázuriz de Le Corbusier. Cronología del proyecto*, en ARQ 49, 66-69. Universidad Católica de Chile. Santiago, 2001, 67.
- (29) Maniaque, C.: *Le Corbusier and the Maisons Jaoul*. Princeton Architectural Press. Nueva York, 2009, 2.
- (30) Tomlow, J.: *La bóveda tabicada y el nacimiento de la cerámica armada*, en *Las bóvedas de Guastavino en América*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 1999, 243.
- (31) Adell, J.: "Rogelio Salmons y la arquitectura con ladrillo en Colombia", en *Informes de la Construcción* nº 495, 73-80. Madrid, 2005, 76.
- (32) Tomlow, J.: "La bóveda tabicada y el nacimiento de la cerámica armada", en *Las bóvedas de Guastavino en América*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 1999, 242.
- (33) Adell, J.: "Rogelio Salmons y la arquitectura con ladrillo en Colombia", en *Informes de la Construcción* nº 495, 73-80. Madrid, 2005, 74.
- (34) Merro (2009), pp. 7-13 y VV.AA.: *Documentos de arquitectura moderna en América Latina 1950-1965*. Tercera recopilación. Casa de América Catalunya. Barcelona, 2006, 268-281.
- (35) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 66, 79 y 78.
- (36) García, J.: *Obra de fábrica y cooperación al desarrollo*. Tesis no publicada. UPM. Madrid, 2010, 75-92.
- (37) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 7, 19-30 y 33-37.
- (38) Gulli, R.: "La huella de la construcción tabicada en la arquitectura de Le Corbusier", en *Las bóvedas de Guastavino en América*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 1999, 73-85.
- (39) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 49.
- (40) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 50-56.
- (41) García, J.: *Obra de fábrica y cooperación al desarrollo*. Tesis no publicada. UPM. Madrid, 2010, 347 y 349.
- (42) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 53-54.
- (43) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 60.
- (44) Boesiger, W. y Girsberger, H.: *Le Corbusier 1910-1965*. Birkhäuser. Basilea, 1995. T. VI, 131.
- (45) García, J.: *Obra de fábrica y cooperación al desarrollo*. Tesis no publicada. UPM. Madrid, 2010, 365.
- (46) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 63.
- (47) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 120.
- (48) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 173.
- (49) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 126.
- (50) García, J. y Losada, J.: *Tecnología y tradición en la Obra de Laurie Baker*, en Actas del VI Congreso de Historia de la Construcción. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 2009, 571-579.
- (51) Mas, A. y Adell, J. M.: "Eladio Dieste y la cerámica estructural en Uruguay" en *Informes de la Construcción*, 496. Madrid, 2005, 13-23.
- (52) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 128.
- (53) Tomlow, J.: "La bóveda tabicada y el nacimiento de la cerámica armada", en *Las bóvedas de Guastavino en América*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, 1999, 245.
- (54) Larran, E.: *Eduardo Larran: Arquitectura Moderna en el Noroeste Argentino*. Cedoal. Buenos Aires, 2007, p. 127.
- (55) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 94 y 95.
- (56) García, J.: *Obra de fábrica y cooperación al desarrollo*. Tesis no publicada. UPM. Madrid, 2010, 355.
- (57) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 93.
- (58) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 94.
- (59) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 93.
- (60) González, H. y González Lobo, C.: *Caminos hacia lo alternativo dentro del ámbito conceptual, proyectual y contextual de la arquitectura*. Tesis doctoral no publicada. Universidad Politécnica de Barcelona. Barcelona, 2002, 156 y 158
- (61) García, J.: *Obra de fábrica y cooperación al desarrollo*. Tesis no publicada. UPM. Madrid, 2010, 357.
- (62) Fiori Arantes, P.: *Arquitetura Nova: S. Ferro, F. Imperio y R. Lefevre, de Artigas aos mutirões*. Editora 34 Ltda. Sao Paulo, 2002, 70-91.
- (63) Arguello, T. et al.: "Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción en viviendas de bajo coste", en *Informes de la Construcción* nº 509. Madrid, 2008, 25.
- (64) Arguello, T. et al.: "Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción en viviendas de bajo coste", en *Informes de la Construcción* nº 509. Madrid, 2008, 32.
- (65) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 53-54.
- (66) Salas, J. et al.: "Hormigones con ceniza de cáscara de arroz: influencia del curado y amasado", en *Informes de la Construcción* nº 385. 1986, 31-42.
- (67) Sacriste, E.; Kechichian, P. y Mackintosh, G.: *Casas con bóvedas*. Buenos Aires, 1977, 93.
- (68) Ochsendorf, J.: *Guastavino Vaulting: The Art of Structural Tile*. Chronicle Books LLC. New York, 2010, 107-109.

* * *