

La bóveda plana de Abeille en Lugo

Enrique Rabasa Díaz

Llamo aquí *bóveda de Abeille* a la que inventó el ingeniero francés de este nombre¹ a finales del siglo XVII; de ella, a diferencia de otras bóvedas planas, no podemos decir propiamente que esté descompuesta en dovelas. Es decir, no presenta el despiece por lechos convergentes hacia un mismo centro o eje de piezas con forma de cuña, que suele garantizar el mutuo sostenimiento en un arco o una bóveda. Un muy autorizado texto francés sobre la historia de la estereotomía afirma que no se tiene noticia de realización real alguna del artificio de Abeille;² sin embargo en la catedral de Lugo se ensayó la ejecución de bóvedas de este tipo en el XVIII —hay al menos otro pequeño ejemplo posterior.

No suele ser necesario el recurso a extraños engastillados o machihembrados entre las piezas de una bóveda; esos enlaces complican la labra y son ajenos a la tradición escrita de la cantería. Las bóvedas planas presentan un mayor empuje, pero también en ellas basta con una cierta convergencia de los lechos; en todo caso la teoría del XIX propone a veces un simple escalón en el lecho para, como en los arcos adintelados, prevenir movimientos de los apoyos.

Podemos imaginar las bóvedas planas comunes, por dovelas *acuñadas* convergentes, simplemente como el resultado del movimiento de un arco adintelado; un movimiento de traslación longitudinal para obtener una bóveda con hiladas rectilíneas, que empuja sobre dos laterales como una bóveda de cañón (con las variantes correspondientes a las intersecciones de cañones, es decir, dibujando las hiladas como

en la proyección horizontal de una bóveda por arista o de una por rincón de claustro); o un movimiento de rotación para engendrar una bóveda por hiladas redondas, que se apoya en todo el perímetro, como una media naranja. De este último tipo es la del sotocoro de El Escorial, estudiada en otra de las comunicaciones a este Congreso.

La bóveda plana que Abeille propuso en 1699 no presenta grandes ventajas prácticas respecto a las ordinarias. Lo que Abeille presentó ante la Academia de Ciencias de París es un ingenioso juego geométrico, solamente defendible como alternativa con el argumento de que todas las piezas son iguales y limitadas por caras planas. Será publicado en 1735 entre las *Machines et inventions approuvées par l'Académie...*,³ en un breve artículo que se limita a la descripción escueta de la idea como una novedad. Es además un invento curioso y llamativo porque se apoya en la pura especulación geométrica y renuncia a trabajar sobre soluciones anteriores, mientras la tradística al uso solía apartarse poco de lo sancionado por la práctica.

Abeille imaginó una pieza como la representada en la figura 2a, una forma poliédrica de base cuadrada (que será el intradós) limitada superiormente por un rectángulo y lateralmente por los cuatro planos inclinados que enlazan esas dos caras. Disponiendo las piezas en direcciones alternadas se cubre el plano horizontal con los cuadrados de la parte inferior, cada pieza se apoya siempre en otras dos laterales, y en la parte superior queda una trama de hue-

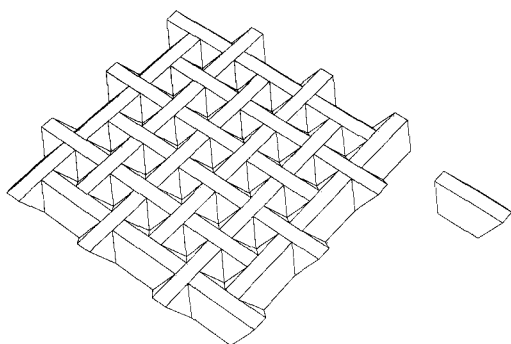


Figura 1
Bóveda de Abeille

cos piramidales (figura 1). Abeille sugiere que estos huecos que impiden caminar sobre el trasdós queden cubiertos por un adoquín cuadrado sobre una pella de mortero arrojada en el fondo; y afirma que, siendo de distinto color los sillares de la bóveda y los adoquines de relleno, el resultado puede ser un bonito dibujo que hace las veces de pavimento. Presenta así como una ventaja lo que puede parecer un defecto.

En la misma publicación de la Academia, a la memoria de Abeille que explica esta idea sigue otra del dominico Sébastien Truchet, matemático y académico, que propone resolver el problema de los huecos diseñando unas piezas que, semejantes a las de Abeille, llenan sin embargo todo el espacio entre los planos superior e inferior.⁴ Son las que aparecen en la figura 2b, y en ellas hay ya superficies regladas alabeadas, lo que evidentemente complica el trabajo.⁵ Es probable que Truchet gustara de este tipo de juegos de partición del plano, pues sabemos que también trabajó sobre composiciones de baldosas.⁶

El también ingeniero Frezier incluyó la descripción de estas bóvedas en su *Traité de Stéréotomie* de 1737-39 —el primer tratado de la materia que emplea este neologismo, *estereotomía*, en la portada, declarando, diríamos, una voluntad abstracta y científica—. Para Frezier es evidente que la propuesta de Abeille se inspiró en los célebres suelos de Serlio, que consiguen cubrir con viguetas cortas grandes lucas, a modo de brochales, apoyando cada vigueta en otras dos. Algo parecido a la idea de Serlio se puede ver ya en el cuaderno de Villard de Honnecourt.⁷

Frezier critica las proporciones que Abeille im-

puso a sus piezas, señalando, con razón, que el espesor de los sillares debe determinarse en función de la luz total, y no del tamaño de la base cuadrada de cada pieza. Advierte también la conveniencia de no sobrepasar con los planos laterales una inclinación que provoque ángulos demasiado agudos; estima que esto sucedería a partir de los 45 grados.

Ni Abeille ni Frezier mencionan la posibilidad de imaginar estas piezas como una porción de tetraedro. Si prolongamos los planos laterales hasta que se encuentran (en la parte superior los inclinados *en desmonte* y en la inferior los que vuelan sobre la base), obtenemos un tetraedro, que puede ser regular para determinadas proporciones de la pieza original. El cuadrado de la base corresponde a la sección cuadrada que ofrece un tetraedro cuando es cortado por un plano paralelo a dos aristas opuestas.

Frezier entra a continuación en el juego iniciado por Truchet e imagina otros modos de diseñar la pieza, que eviten la superficie alabeada propuesta por aquél pero encajen llenando completamente el espacio entre los planos de intradós y extradós. La primera propuesta (figura 2c) emplea superficies cónicas, y las siguientes son piezas limitadas sólo por planos (figuras 2d a 2h).

La 2d se empleó en una pequeña construcción del Pontón de la Oliva en el origen del Canal de Isabel II (1853), y allí continúa, reproduciendo fielmente la propuesta de Frezier.⁸ La figura 2f es variante de la 2e para evitar la agudeza del vértice y la 2g combina dos piezas distintas.

Así pues las especulaciones en torno a la idea de Abeille se centraron en el problema del trasdós intransitable. El enciclopédico tratado de Antonio Rovira (segundo tomo, 1899) vuelve a explicar el aparejo, sin mencionar realización alguna, y dibuja una pieza perfectamente piramidal que encajaría en los huecos para alcanzar el trasdós plano.⁹

Hace algún tiempo mencioné en un curso de tercer ciclo la curiosa propuesta y sus variantes, así como la cita arriba señalada, según la cual no hay pruebas de ejecución real alguna. Dos de mis alumnos¹⁰ visitarían algún tiempo después la catedral de Lugo, observando una disposición semejante a la que les había mostrado, en lo que parecía un desmentido de esa supuesta inexistencia. Otros también lo han advertido: el erudito lucense Narciso Peinado aludió a ella como «bóveda según el sistema de Avel [sic]». ¹¹ La bóveda de Lugo diferiría de la original de Abeille en

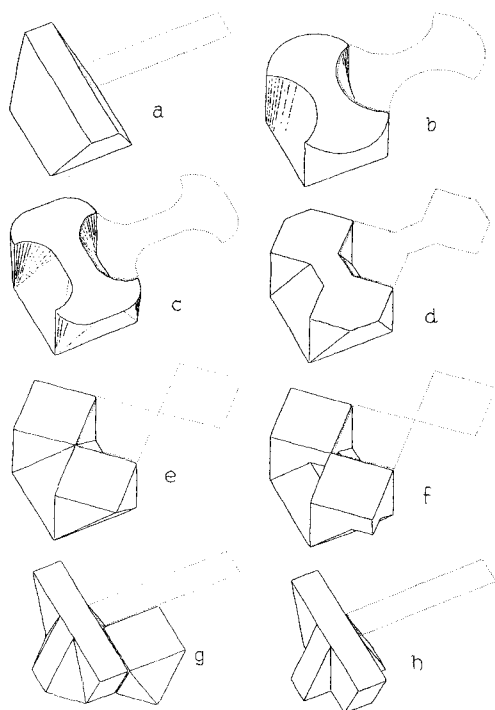


Figura 2
Pieza de Abeille y variantes de Truchet y Frezier

algunos aspectos, aunque no era ninguna de las soluciones posteriores de Truchet y Frezier. La principal diferencia con el modelo primitivo es que aparece invertida, con los huecos piramidales hacia el intradós, naturalmente ya sin cubrir.

En efecto, invirtiendo la bóveda de Abeille se sostiene igualmente, porque en cada pieza sigue habiendo dos planos que transmiten carga sobre los laterales y otros dos que la reciben. De esta manera además aquella especie de artesanado que pudiera resultar decorativo queda en el intradós, mientras en la parte superior la trama de cuadrados aparenta un embaldosado y es perfectamente transitable. Esta sencilla inversión deja en ridículo los esfuerzos por resolver el problema del trasdós.

De igual manera los tetraedros completos que mencionábamos encajan cubriendo el plano (figura 3a) y los dos lados del conjunto son iguales. Sus secciones medias cuadradas forman una trama. También es posible llenar el plano con una trama de hexágo-

nos; el hexágono es precisamente una sección del cubo y también del octaedro, y esto da lugar a encajes bidimensionales de cubos o de octaedros que también se sostendrían apoyados unos en otros (3b y 3c). Cualquiera de los dos casos, convenientemente seccionado, daría lugar a una solución semejante a la de Abeille aunque con tres parejas de planos de junta (3d). Por otra parte si deformamos la pieza de Abeille hasta hacer del cuadrado de la base un rombo, obtenemos otra combinación (3e). Etc. Ya Frezier intuyó que se podrían encontrar variantes de la estructura inicial.

Pero en la catedral de Lugo hay en realidad dos bóvedas gemelas de este tipo; resuelven el primer piso de cada una de las torres de la fachada. Se encuentran pues en un lugar que garantiza que no fallará carga vertical.

La fachada de la catedral de Lugo fue proyectada por Julián Sánchez Bort (1727-1785), ingeniero y arquitecto nacido en Cuenca y sobrino de Jaime Bort, arquitecto responsable de la fachada de la catedral de Murcia. Julián aprendió con su tío, estudió matemáticas y obtuvo el título de arquitecto en la Academia de San Fernando, de la que sería más tarde miembro de número. Entre sus obras destaca el Arsenal de El Ferrol y la iglesia de San Julián de la misma ciudad. Sabemos que a la muerte de su tío heredó «los moldes» e instrumentos y los libros de su rica biblioteca. Pero también que Jaime Bort se había hecho acompañar de su sobrino en un viaje por Europa, especialmente norte de Francia y Países Bajos. Es por tanto evidente que Sánchez Bort tenía que conocer bien el tratado de Frezier, en aquel momento máxima autori-

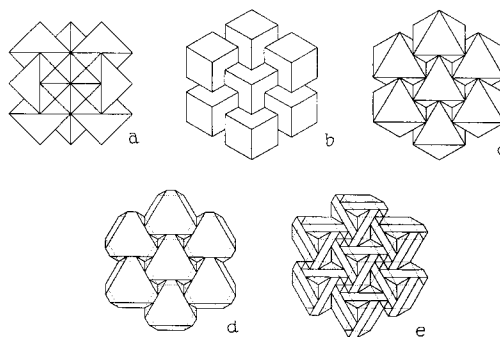


Figura 3

dad en la materia; de hecho es uno de los que cita en su Informe a la Real Academia de San Fernando sobre las obras de El Ferrol.¹²

Julián Sánchez Bort comenzó las obras, pero su proyecto, trazado en 1769 y elogiado por Ventura Rodríguez, fue llevado a cabo realmente por José de Elejalde, Alberto Ricoy y Miguel Ferro Caaveiro.¹³ Éste último modificaría las tres puertas del cuerpo central proyectadas por Sánchez Bort. La base de las torres fue probablemente lo primero que se ejecutó, y sigue el proyecto original. Las molduras altas de las basas de los órdenes gigantescos que la adornan se prolongan hasta enlazarse constituyendo así el dintel de la puerta de la torre, que la separa del hueco que se abre sobre ella (figura 4). Tras esos dinteles están las bóvedas planas, que cubren el nivel bajo de las torres, que en la norte es de paso a la capilla de San Froilán, actualmente cegado, y que en su trasdós sirven de piso, para un local que ha sido durante mucho tiempo trastero, en la norte, y para el viejo archivo de la catedral, en la sur. El archivo de la torre sur está

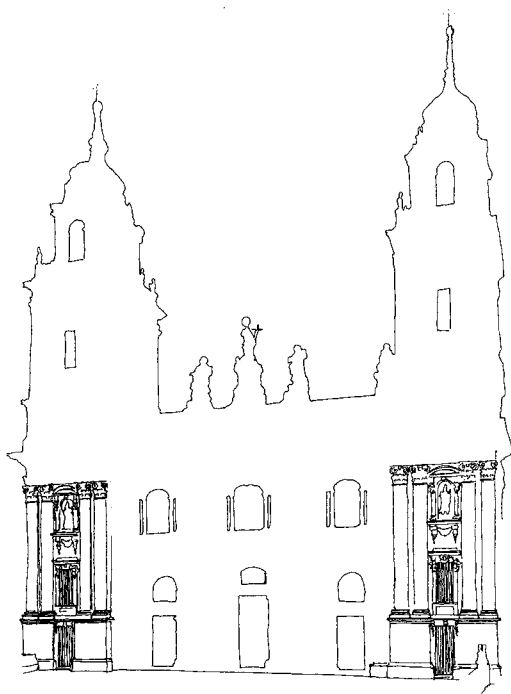


Figura 4
Fachada de la catedral de Lugo

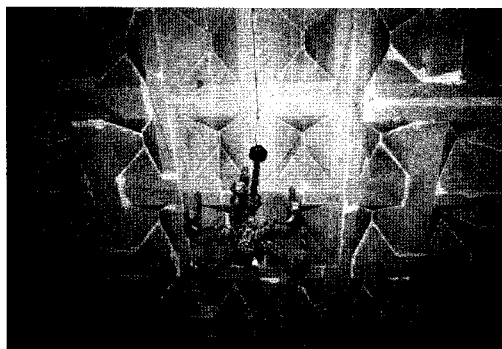


Figura 5
Bóveda en la torre norte de la catedral de Lugo

cubierto de tarima, mientras que el trastero de la norte ofrece aún a la vista las líneas de junta del trasdós de esta bóveda plana.¹⁴

Si las torres fueron probablemente lo primero en el cuerpo bajo de la fachada, serían lo último en su parte superior, pues la fachada se completó hasta la altura del frontón hacia 1784 y sólo en 1879 comenzó a construirse el remate, a cargo del arquitecto Nemesio Cobreros.

En realidad el despiece según la idea de Abeille aparece sólo en el perímetro de las dos bóvedas (figura 5). La parte central (también en el trasdós) ofrece un dibujo de juntas según una trama simplemente rectangular, aunque los sillares resultantes están conformados para continuar el ritmo de los huecos o casetones; huecos que son aquí por tanto meramente decorativos. El levantamiento provisional que el arquitecto José María Alonso Montero ha tenido la amabilidad de hacer para esta comunicación (figura 6) muestra ya que las piezas de esta zona están limitadas por planos de junta ligeramente convergentes, como un arco adintelado.

La zona central es distinta porque fue deliberadamente rota y reconstruida con motivo de las obras de 1879-80. El constructor que había de terminar las torres pensó que sería cómodo subir los materiales por ese hueco central y obtuvo el permiso del cabildo para abrirlo.¹⁵ Luego no supo restituir el despiece o no le pareció económico entrar en esas curiosas complicaciones.

El examen del trasdós, en la parte perimetral original, ofrece además una primera sorpresa. La red de

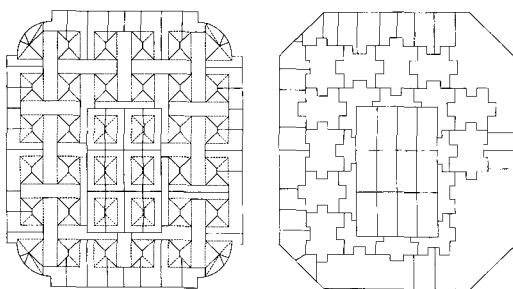


Figura 6
Líneas de junta visibles en el intradós y el extradós de la bóveda de la torre norte

cuadrados que cabría esperar aparece alterada, pues, en cada una de esas baldosas aparentes, por dos de los lados sobresale una espiga, y por los otros entra una caja que aloja a las espigas de los laterales. El aspecto de las líneas es así parecido al de un *puzzle*.

Las espigas salientes coinciden con la dirección longitudinal del rectángulo del intradós. No conociendo la forma interior real de estos cajeados, pienso sin embargo que no son más que pequeños tetones que emergen en la parte superior de los lechos y que sirven para levantar y colocar las piezas —éstas son quizá difíciles de manejar y no conviene cogerlas por las aristas que son encuentros agudos entre caras, susceptibles de desportillamiento—. Por otra parte la necesidad de hacer coincidir cajas y espigas no sería inconveniente para montar el rompecabezas sino que, al contrario, despejaría cualquier duda de los operarios sobre la dirección de cada sillar.

Haciendo abstracción de estos tetones, la retícula ofrece otra irregularidad: está compuesta en realidad de cuadrados y rectángulos alternados. Por otra parte los huecos que se ven en el intradós, que en el modelo teórico eran pirámides de base cuadrada, aquí son rectangulares y los cuatro planos inclinados convergen como si se tratara de una cubierta a cuatro aguas; es decir, en lugar de vértice muestran una especie de línea de cumbrera. Las dos alteraciones responden evidentemente a la adaptación de la trama cuadrada a una planta ligeramente rectangular.

Sin embargo no es ésta la única manera posible de *estirar* la retícula de cuadrados para cubrir la planta. Probablemente ante esta situación a cualquiera se le ocurriría antes pensar en una simple deformación

afín de la red (figura 7b). Esta solución tiene el inconveniente de generar tipos de piezas completamente distintos. Rechazada esa opción también sería fácil pensar en alargar la mitad de las piezas, las colocadas en posición longitudinal (figura 7c). Entonces las piezas siguen siendo distintas, pero sólo en cuanto a su longitud. Sin embargo esta nueva alternativa —y también la anterior— se revela poco adecuada si pensamos en la sección que cruza las cumbreras de los huecos: otra vez los ángulos agudos son un inconveniente y ofrecen un punto débil bajo lo que se supone que es una superficie transitable (sin contar con la dificultad de cubrir realmente esa pequeña comunicación entre los dos espacios; figura 7e). Este inconveniente se podría haber salvado con un diseño como el de la figura 8a. En lugar de esto se prefirió mantener la base cuadrada de las piezas longitudinales y acortar las transversales.

Al hacerlo así las piezas longitudinales quedan macladas, mordidas, en las esquinas del cuadrado (figura 7f). De esta manera la profundidad de los hue-

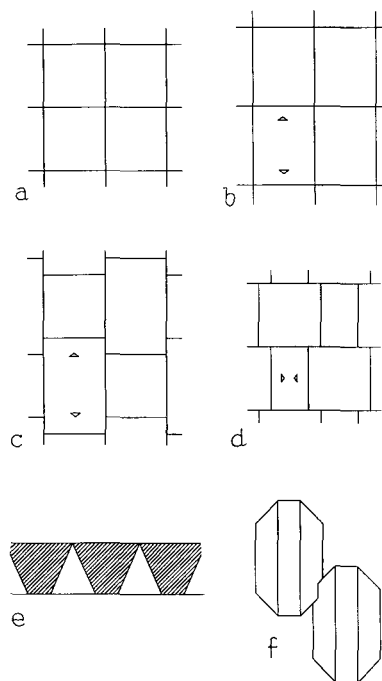


Figura 7

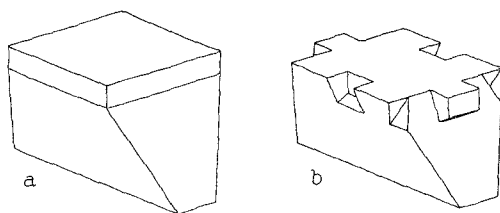


Figura 8

cos no alcanza el espesor de la bóveda y se evitan los puntos débiles. Sin embargo es necesario diseñar esa macla, sobre la que aquí sólo podemos hacer conjeturas.

El sólido común a dos piezas longitudinales es un pequeño tetraedro. Puede ocurrir que una de las piezas quede completa y en la otra se talle el hueco tetraédrico (figura 8b). O que este sólido común quede repartido entre las dos. Estas soluciones ofrecen nuevas aristas agudas que harían más útil el añadido de tetones de agarre.¹⁶

La curiosa bóveda de Abeille, que el mismo Frezier encontraba poco recomendable en la práctica, fue pues finalmente ejecutada por alguien, y en una variante que mejora ingeniosamente el original.

A pesar de lo dicho, no es éste el único caso de aparejo inventado a partir de una especulación teórica alejada de la experiencia. Frezier inicia con su tratado una voluntad de entender la estereotomía como ciencia, que quedará culminada al final del siglo XVIII con la organización de la geometría descriptiva sobre los procedimientos gráficos de la vieja cantería. En la École Polytechnique fundada por el inventor de la geometría descriptiva Gaspard Monge, estereotomía era casi lo mismo que sistema diédrico, y representaba el fundamento de la actividad misma de proyectar. Monge no construyó nada en su vida, pero se ocupó del despiece de las bóvedas sobre planta elíptica. Las bóvedas de este tipo construidas hasta entonces no conseguían evitar los ángulos agudos, que, como hemos visto representan un problema real. La propuesta de Monge cumple con esta condición y otras que se consideraban ideales en el despiece de un aparejo, pero lo hace a costa de una enorme complejidad en la forma de las piezas, que son todas distintas. Por lo que sabemos la bóveda elíptica de Monge no ha sido construida jamás

—aunque lo mismo se ha dicho de la de Abeille—. También las bóvedas oblicuas para puentes del ferrocarril fueron motivo para la reflexión teórica de la estereotomía del XIX, y en este caso las variantes se ejecutaron efectivamente.

Durante el siglo XIX la geometría descriptiva se dedicó a ofrecer *soluciones definitivas* de este tipo a viejos problemas, casi todas excesivas para la realidad de la práctica. El desarrollo de un lenguaje gráfico permitió la especulación teórica. Se altera así el progreso natural de historia anterior de la cantería, que avanza a partir de la experiencia.

Se trata de casos excepcionales, pero, en efecto, cuando algo se imagina y se difunde, no es extraño que termine siendo llevado a la práctica, aunque sólo sea por mostrar la posibilidad.

NOTAS

1. Joseph Abeille (1669?-1752?), de origen marsellés, llegó a ser ingeniero del Rey en 1703. Al parecer se distinguió en la batalla de Vélez-Málaga (1704).
2. Jean Marie Pérouse de Montclos, *L'Architecture à la française*, Païs, Picard, 1981, 166. A pesar del título un capítulo está dedicado a España.
3. «Voute plate inventée par M. Abeille», en *Machines et inventions approuvées par l'Académie Royale des Sciences*, t.1, 1735, 159-161.
4. R. P. Sébastien Truchet, «Mémoire concernant les voûtes plates», 163-164.
5. Una directriz es recta y la otra un arco de circunferencia, pero probablemente no se pensara en lo que llamamos conoide, porque resulta más fácil al cantero dividir las dos en el mismo número de partes iguales y unir los puntos correspondientes.
6. «Memoire sur les combinaisons des carreaux mi-partis», en *Recueil de l'Académie Royale des Sciences*, 1704, 363-365, sobre el que el también dominico Douât escribe *Methode pour faire une infinité de desseins differens avec des carreaux mi-partis de deux couleurs par une ligne diagonale...*, París, Jombert, 1722.
7. Folio 23.
8. De unos tres metros de ancho y algo más de largo. El trasdós es exterior y ninguna carga contrarresta el empuje, de manera que es posible que se dispusiera un zunchillo perimetral. Se puede ver una maqueta en el Museo de Madrid.
9. Antonio Rovira y Rabasa, *Estereotomía de la Piedra*, Barcelona, Provincial de Caridad, tomo 2, 1899, 15-19, donde menciona un «pasatiempo de los cuchillos mági-

- cos», cuya solución consiste en disponer de esa manera tres o cuatro cuchillos apoyados sobre vasos.
10. María Teresa Escaño y José María Navarro, a quienes agradezco la rápida comunicación.
 11. Narciso Peinado Gómez, *Lugo monumental y artístico*, Lugo, Dip. Provincial, 1989, 112.
 12. Informe transcrito en Juan Antonio Rodríguez-Villasante, *Tecnología y arte de la Ilustración. La arquitectura e ingeniería de Sánchez Bort en la obra pública, la industria y los arsenales de la Marina*, Ferrol, Asamblea Amistosa Literaria, 1988. En él menciona, contra la afición al refuerzo con barras de hierro: «por más ligaduras que a un hombre le den en la cabeza no será fácil mantenerse si llega a faltarle el piso». Sobre Sánchez Bort también, Alfredo Vigo Trasancos, «El arquitecto-ingeniero Julián Sánchez Bort: perfil biográfico y obra en Galicia», *Cuadernos de Estudios Gallegos* (CSIC, Instituto «Padre Sarmiento»), tomo XXXV, fascículo 100, Santiago de Compostela, 1984-84, 501-525; Juan Torrejón Chaves, «El capitán de navío Julián Sánchez Bort en el segundo centenario de su muerte», *Revista de Historia Naval*, nº 14, 1986, 95-102.
 13. Ramón Yzquierdo Perrín, «La fachada principal de la catedral de Lugo», *Abrente* (publicación de la R.A. de Bellas Artes de Nuestra Señora del Rosario, La Coruña), nº 16-17-18, 1984-85-86, 7-40.
 14. Narciso Peinado Gómez, op. cit., sugiere la habilitación también de aquel trastero como biblioteca de consulta. Si se le hubiera hecho caso probablemente otro pavimento impediría ahora su examen.
 15. Yzquierdo, op. cit.
 16. Con la luz de un flash se aprecia nítidamente la diferencia entre piedra y mortero en el intradós, y se advierte la abundancia de ensanchamientos en las juntas que delatan desportillamientos, especialmente en los ángulos agudos de los sillares.