

Javier Ibáñez Fernández (coord. y ed.)

**Trazas, muestras y modelos de tradición gótica en la Península Ibérica entre los siglos XIII y XVI.** Madrid, Instituto Juan de Herrera. 2019.

Tapa dura, 800 pp., num. ilustr. col. y b/n. 40 €.

Las fuentes primarias, es decir, escritos de la época, dibujos y trazados -además de los edificios mismos-, sirven a la investigación histórica, confirman modos de hacer, o permiten ver las arquitecturas con los ojos de sus autores. Su publicación es una buena noticia, pero más si se presenta como inventario. El esfuerzo desarrollado por los autores de este libro ha dado lugar a una herramienta singular y valiosísima en este ámbito, reuniendo las representaciones de carácter gótico en la península ibérica. No estamos ante la publicación de un cuaderno o compendio histórico, sino de algo más notable, la generalidad de las trazas de un país (o dos).

Este libro, que es el volumen más grueso de la colección del Instituto Juan de Herrera, es la publicación de los resultados de un proyecto de investigación impulsado por la Red Tardogótico ([www.tardogotico.net](http://www.tardogotico.net)), reunión de grupos y proyectos que ha dado interesantísimos frutos en los últimos años. Además de Javier Ibáñez, quien coordina el libro, han participado muy prestigiosos historiadores, que figuran como autores de fichas de casos individuales. Merece la pena emplear unas líneas en la relación: Begoña Alonso Ruiz, María Isabel Álvaro Zamora, Lino Cabezas Gelabert, María Dolores Campos Sán-

chez-Bordona, Ana Castro Santamaría, Diego Domínguez Montero, Juan Escorial Esgueva, Joaquín García Nistal, Ana Goy Diz, Alfonso Jiménez Martín, Fernando Marías, Jorge Martín Marco, Nicolás Menéndez González, Ricardo Jorge Nunes Da Silva, Luana Savalli Ravell, Miguel Taín Guzmán, María Josefa Tarifa Castilla, Luis Vasallo Toranzo, Fernando Villaseñor Sebastián, Arturo Zaragoza Catalán. Con este elenco es fácil hacer corresponder muy adecuadamente los casos con los investigadores más apropiados para su comentario.

Lo recopilado es una colección de dibujos góticos, por decirlo de una manera trivial; pero el título es largo, porque define puntualmente el contenido, a partir de la reflexión sobre la delimitación del tema de estudio. Así, vemos que el título hace alusión a las diversas maneras de representar que se han recogido —hay incluso maquetas—, siempre en relación con el modo de hacer gótico, pero menciona también la extensión geográfica y la definición del periodo temporal que comprende.

Esta última limitación, entre los siglos XIII y XVI, quedó determinada por el proyecto de investigación del Plan Nacional del que es resultado, que se proponía llegar hasta el 1600 («Los diseños de arquitectura en la península ibérica entre los siglos XV y XVI. Inventario y catalogación», HAR2014-54281-P). En la presentación, Javier Ibáñez explica que en el curso del trabajo se quiso que quedaran recogidas las fases iniciales del gótico. Si dividimos el periodo barrido, de cuatro siglos, en tramos de cincuenta años, el nú-

mero de documentos por tramo, como cabía esperar, va aumentando progresivamente. Son un total de doscientos, y están listados cronológicamente y fechados a partir de 1250. Entre ese año y el 1300 hay 2 ejemplos, y en los siguientes tramos de cincuenta años se pueden contar 3, 6, 6, 19, 58, y 106. No hace falta remitirse a consideraciones acerca de la pervivencia del gótico en diversas formas, para advertir que muchos documentos a partir de 1600 darían noticia sobre cómo continuaron algunos hábitos y modos de hacer que hay detrás de los diseños recopilados en esta colección. Ibáñez nos explica en el prólogo que esa tarea está siendo acometida por un nuevo proyecto («Los diseños de arquitectura de tradición gótica en la península ibérica entre los siglos XVII y XVIII. Inventario y catalogación, HAR2017-85523-P»). Estamos seguros de que tendrá la misma calidad.

Siguiendo con este vistazo estadístico, y probablemente frívolo, que hemos dado sobre el índice, no deja de llamar la atención que —abstracción hecha de las horquillas que se ofrecen en los casos difíciles de datar— las fechas determinadas para los sucesivos documentos gráficos no se repiten, en ningún caso, hasta el 1520; es decir, no hay dos en el mismo año hasta ese momento; y encontramos repentinamente cinco piezas fechadas en 1524 y otras cinco en 1525. Un total de dieciocho documentos en esa década de los veinte del siglo XVI, y otros tantos en la de los treinta, muestran un crecimiento súbito, doblan el ritmo inmediatamente anterior, y nos hacen pensar en una producción especialmente notable. Salvo un pequeño descenso en los cuarenta, en las siguientes décadas encontraremos cantidades más o menos similares. Evidentemente, la datación de las realizaciones reales arrojaría el mismo resultado.

Las ilustraciones del libro reproducen con calidad los dibujos. El formato habitual de la colección del Instituto Juan de Herrera es útil también en este tipo de publicación. Para conocer y localizar lo que interesa, es verdaderamente preferible disponer de un libro como éste, manejable y con una información gráfica suficiente, que, por ejemplo, depender de un pesado volumen de 45 cm de alto, a un precio de más de 400 euros, como le ocurre a quien se interese por la colección de la Academia de Bellas Artes de Viena.

Cada uno de los doscientos objetos es descrito sistemáticamente mediante una adecuada caracterización. Se llaman fichas, porque contienen siempre dieciséis campos que caracterizan lo estudiado con datos, descripciones, referencias y observaciones completas,

de las que el más extenso e interesante es el llamado *comentario*. Pero no se ahorra literatura que ofrezca análisis apropiados y dé cuenta de lo que rodea a cada representación, de manera que la unificación impuesta por el esquema repetido de apartados no estorba, ni impide el tratamiento adecuado o la facilidad de lectura.

Los criterios de inclusión son acertadamente amplios, así que hay también piezas tridimensionales. Hay trazados que no se encuentran en un soporte convencional, sino sobre piedra, siendo algunos aquello que más estrictamente llamamos monteas, es decir, trazados de trabajo a tamaño natural. Otros son líneas marcadas como referencia para el proceso de talla o para la colocación, y también hay dibujos anotados a punta seca sobre superficies planas de las construcciones, más o menos cuidadosos o rápidos. Es una presencia relevante, ya que las marcas registradas en la piedra no tienen en la práctica más garantía de permanencia que las que se puedan encontrar sobre papel o pergamino. Si un dibujo antiguo convencional suele resultar estimado a primera vista, estas trazas lapídeas han pasado en su mayoría inadvertidas, han sido encontradas en fechas relativamente recientes y muchas veces han llegado hasta hoy gracias a que nadie ha visto necesario limpiar o modernizar el lugar. De hecho, alguna de las monteas reseñadas ha sufrido daños recientes y ya no es identificable.

En el análisis introductorio, aborda Javier Ibáñez en primer lugar las dificultades encontradas con la traza de cantería. Como comenta Ibáñez, la materia o disciplina de los cortes de piedras aparece de dos maneras en el siglo XVI. Algunas representaciones son trazas para tipos de aparejo que son ajenos a una clasificación estilística, como arcos, capialzados, trompas, y que podían insertarse en obras góticas o clásicas, de los cuales los dibujos o las monteas, además de organizar su forma general, buscan ofrecer el detalle de la conformación de las piezas, o de las plantillas, ángulos o referencias para determinar sus facetas. Y otras, conceptualmente algo diferentes, son trazas de una red o conjunto de líneas directrices que definen espacialmente las bóvedas de crucería góticas, que permiten controlar el volumen y a la vez proporcionan datos que, complementados con el diseño de detalle de las molduras, son necesarios para el trabajo de talla, y en las que aparece tanto la proyección horizontal de la nervadura como los arcos guía de cada uno de los nervios.

De estos últimos, es decir, de los trazados que contienen esquemáticamente plantas de bóvedas con la elevación correspondiente de los nervios, encontramos aquí los casos comprendidos en el periodo que se abarca y, como decíamos, también las montañas realizadas sobre la construcción. Estas organizaciones gráficas para el diseño espacial de las bóvedas tardogóticas son el comienzo de una serie que presentará ejemplos de extraordinario interés, muchos dirigidos a la transmisión del procedimiento, en el XVII e incluso el XVIII. Es deseable que esta historia tenga su continuación.

De las trazas de cantería que son del tipo que hemos mencionado en primer lugar, es decir, de aparatos no específicamente sujetos al estilo, si bien no forman parte de la catalogación, se ofrece en la introducción la valiosa noticia de un manuscrito no conocido hasta el momento y encontrado en el curso de la investigación: el que se halla en el Archivo Histórico Nacional, relacionado con San Benito de Valladolid y que contiene, entre otras cosas, veinte trazas de cantería, que son reproducidas para información del lector.

Están fuera las obras de ingeniería, como consecuencia de su singularidad, y probablemente también de las dificultades de coincidencia entre los conceptos o periodos que se pueden establecer desde criterios técnicos y aquellos otros que responden a consideraciones estilísticas.

Aclaradas las dificultades con los cortes de piedras, Ibáñez comenta la naturaleza de las piezas del inventario, que son unas veces instrumento de proyecto y otras, reflejo de lo ya construido. Explica el empleo en el catálogo de términos como «trazas» (predominantemente operativas) o «muestras» (predominantemente visuales), sus diferencias y todos los matices que pueden añadirse hablando de dibujos, proyectos, levantamientos, croquis. Ilustra con ejemplos la diversidad de orígenes y técnicas de dibujo, la atención a las proyecciones que llamamos plantas, alzados, secciones, las variables gráficas como el color y el sombreado, la presencia de cotas o escalas.

Después de haber repasado las características de los dibujos reunidos, esta introducción al inventario, invita a «lecturas particulares y transversales» y busca en ellas lo más relevante de lo que transmiten en cuanto a conocimiento de las obras, realizadas o no, o al conocimiento de los artífices, de los tipos arquitectónicos, de las técnicas de abovedamiento y —uno de los aspectos que parecen más beneficiados por este

compendio— de las configuraciones en planta de las nervaduras de las bóvedas de crucería.

En suma, se trata de una herramienta de extraordinaria utilidad para los investigadores, pero que también ofrece, incluso al que la tome como un *desocupado lector*, una constelación de dibujos ligados al gótico, algunos inéditos, cuidadosamente comentados por especialistas, y acompañada de una interesante introducción.

ENRIQUE RABASA DÍAZ

E.T.S. Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid

Xavier Cortés Rocha

**Arquitectura mecánica. La profesión y el oficio**, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Bibliográficas, 2019. Tapa dura, 166 pp., ilustr. col. y b/n, 434 ps (20 €).

El siglo XVIII fue muy interesante para la Nueva España, no solamente por la riqueza de expresiones artísticas que se desarrollaron, sino también por los cambios de mentalidad que se manifestaron entre los miembros de los diversos gremios. Las ideas ilustradas que penetraron, así como el influjo de las Reformas Borbónicas, motivaron que algunos integrantes de esas corporaciones impulsaran una transformación en la manera de entender su quehacer, así como del valor de la producción que salía de sus talleres y eso se deja ver de manera muy elocuente en el libro *Arquitectura mecánica. La profesión y el oficio*, publicado por Xavier Cortés Rocha. Esta obra es un erudito estudio de un tratado anónimo del siglo XVIII titulado *Arquitectura Mecánica conforme a la práctica de esta Ciudad de México*, manuscrito que se resguarda en el Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional de México.

La existencia misma de un tratado para explicar la manera en que se construía en la Ciudad de México en aquel tiempo tiene, por supuesto, raíces ilustradas, porque esos libros, cuya antigüedad arranca desde la arquitectura clásica, como lo muestra Vitruvio, tienen un espíritu enciclopédico de reunión del conocimiento y en ello, también es importante la consideración que se tuvo del quehacer arquitectónico. Como bien lo explica Cortés Rocha al inicio del libro, la archi-

itectura fue considerada durante la época virreinal como un oficio de carácter mecánico, tal como se deja ver en las *Ordenanzas de Albañilería* del siglo XVI; fue entonces en el siglo XVIII cuando los propios arquitectos y canteros, decidieron actuar para que su trabajo fuera considerado un arte liberal, es decir, artístico e intelectual, como la consideraban en Europa desde el Renacimiento. Por eso, al autor anónimo del tratado afirma que «La Escultura, la Pintura y Arquitectura, son las tres Bellas Artes, en virtud de las en París y en toda España, a su título se ordenan.» (*Arquitectura mechanica*, f. 11v)

De esta consideración, derivan también sus definiciones de «arquitectura civil» y de «arquitecto». Respecto a la primera, afirma que «arquitectura civil es una ciencia que enseña a plantar y edificar con firmeza proporción y hermosura»; los acertados comentarios de Cortés Rocha al respecto son esclarecedores: «Plantar significa aquí, hacer plantas y ésta era la denominación para los planos; entiéndase pues, “plantar y edificar” por “proyectar y construir”». En cuanto al arquitecto, el autor del tratado afirma que es «el príncipe o principal edificador que dé las plantillas de los arcos, bóvedas, etc. No es menester que sea de profesión albañil...basta que sea práctico en la arquitectura, monte y cortes de cantería, y que pueda rayar cualquier género de arco o vuelta.» Como bien aclara Cortés Rocha, «con esta definición retoma el sentido de la etimología griega del término arquitecto: principal operario; y limita las capacidades necesarias a cuestiones de proyecto, insistiendo en el dominio de la geometría y la estereotomía», lo que en su tiempo fue, en cierta forma novedoso, como lo muestra Xavier Cortés Rocha en el capítulo relativo al examen de un arquitecto, en el que se puede constatar la diferencia entre los exámenes que se aplicaban en los siglos XVI y XVII, y los que se administraban en el siglo XVIII, pues mientras en los primeros se hacía énfasis en el tipo de obras que debían de saber hacer los aspirantes al grado de maestros, en los segundos, lo que se especificaba era el tipo de conocimientos que debían de tener para realizar su trabajo.

De ahí la importancia de que los maestros conocieran de medidas y pesos, los materiales de construcción propios de la Ciudad de México, como el tezontle, al que califica de «el divino material»; el grueso de los muros, las monteas, la manera de levantar las portadas, la de llevar a cabo la tasación de un solar o de un edificio, los instrumentos de trabajo que debían de domi-

nar, los libros y mapas que debían conocer y otros muchos temas que aborda el tratado y que Xavier Cortés Rocha explica y analiza minuciosamente. De ellos, voy a destacar algunos que me parecen aportaciones importantes del estudio realizado por Cortés Rocha. Primero, el que se refiere a las portadas de los templos que el tratadista califica como «colaterales en la calle», es decir, retablos en la calle, expresión que manifiesta, entre otras cosas, su riqueza y disposición formal, vinculadas con el estilo barroco. Aunque lo que me interesa resaltar es lo que se refiere a la forma en que trabajaban los artistas en el siglo XVIII; un asunto poco conocido que destaca Cortés Rocha al explicar que los arquitectos se auxiliaban de «un ensamblador, escultor en madera y artífice de retablos, quien haría el proyecto de la portada con las directrices del arquitecto y posteriormente el cantero llevaría a cabo el trabajo. En gran medida se transfiere al ensamblador el trabajo de creación.» Lo cual nos indica un cambio en el sistema de trabajo de los artistas del siglo XVIII, que, de ser disciplinario, se convirtió en multidisciplinario, lo que, lógicamente, involucraba a artistas varios gremios trabajando en conjunto.

Otro aspecto interesante del tratado y del que se ocupa Xavier Cortés Rocha, es el de los libros que, según el tratadista anónimo, debían de formar parte del acervo de los arquitectos de su tiempo, como el *Compendio mathematico* de Tomás Vicente Tosca y el *Arte y uso de la Arquitectura* de fray Lorenzo de San Nicolás. Importante aportación de Cortés Rocha es la vinculación que estableció entre el enigmático «Uvolfio» que menciona el tratado, con el *Elementa Matheseos Universae*, de Christian Wolff o Christiano Wolfii, «matemático y filósofo nacido en Breslavia, en Silesia, profesor en su ciudad natal y en Alemania.» Un autor del que dice, «tuvo una gran influencia en distintos ámbitos sociales y geográficos de la Nueva España» como se muestra en la obra de uno de los representantes del pensamiento ilustrado del siglo XVIII, el padre filipense Juan Benito Díaz de Gamarra.

Uno más de los temas del tratado, que aborda Cortés Rocha en su libro es el de los «mapas» que debía de tener todo arquitecto en su gabinete; todos ellos, desde luego, relacionados con la Nueva España y con la Ciudad de México, como «el mapa de aguas» de don Carlos de Sigüenza y el de la cañerías de la Ciudad, pero es importante hacer mención del «mapa de los precios» es decir, la «Planta iconográfica para que pueda hacer las tasaciones», realizado por encargo del Ayuntamiento de la Ciudad de México, para contar

con una referencia para llevar a cabo los avalúos de las propiedades y solares de la Ciudad. En este proyecto participaron los arquitectos Pedro de Arrieta, Miguel Custodio Durán, Miguel Joseph de Rivera, Manuel Álvarez de la Cadena, Joseph Eduardo de Herrera y Francisco Valdez; la idea era que cada uno de los maestros examinados de la ciudad tuviera una copia; la que se conserva en el Museo Nacional de Historia del Castillo de Chapultepec, está pintada al óleo y la vista es de poniente a oriente «dibujando en cada manzana la fachada en geometral y las azoteas». Como era un documento de uso diario, las cifras de los precios tienen enmendaduras y son de distintas épocas; de acuerdo con Xavier Cortés Rocha, los antiguos están en color sepia y los nuevos, en tinta de color negro.

Destaqué los nombres de los participantes en la concepción de ese mapa porque uno de ellos nos lleva a los últimos aspectos de los que se ocupa Xavier Cortés Rocha en una adenda de su libro y que, considero, son aportaciones muy relevantes: la época en que debió de haberse escrito el tratado y su autoría. Sobre las fechas aproximadas en que pudo haberse realizado, por una serie de razones históricas y alguna afirmación del propio tratadista, Cortés Rocha llegó a la conclusión de que pudo haberse escrito entre 1760 y 1768, lo que ayuda mucho a delimitar el ámbito temporal. Y respecto a su autor, primero, decanta las posibilidades entre tres maestros mayores de la segunda mitad del siglo XVIII: Lorenzo Rodríguez, Manuel Álvarez de la Cadena e Ildefonso de Iniesta Bejarano; analiza después el contexto históricos, el posible origen del autor, el uso del latín en el que está escrito el «Uvolfio», su experiencia y sus intereses profesionales como, precisamente, la selección de los mapas y, finalmente, llega la interesante conclusión de que el tratado puede atribuirse al arquitecto novohispano Manuel Álvarez de la Cadena, lo que considero perfectamente posible, no sólo por los atinados argumentos que plantea Cortés Rocha, sino también por el ambiente que habían creado los artistas criollos en ese tiempo y su forma de interactuar, tal como se constata en la manera en que construían las portadas.

No puedo cerrar esta reseña sin hacer mención del acierto que tuvo Xavier Cortés Rocha en tres aspectos: primero, reproducir completo el tratado manuscrito, como un apéndice, al final de sus muy interesantes y esclarecedores comentarios. Segundo, por ser un documento virreinal, escrito a mano, se hacía necesaria una versión paleográfica que lo hiciera accesible a públicos

más amplios, la cual realizó de manera muy profesional Lourdes Lascurain de Doucet, maestra en historia y especialista en el periodo virreinal de América, que se incluye como un cuadernillo separado. Finalmente, los mapas, dibujos y fotografías que no sólo ilustran, sino que, fundamentalmente, sirven para explicar muchos de los términos y conceptos que maneja el autor del manuscrito, no siempre comprensibles para los neófitos en arquitectura.

MARTHA FERNÁNDEZ

Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM

Stefan Holzer

**Gerüste und Hilfskonstruktionen im historischen Baubetrieb. Geheimnisse der Bautechnikgeschichte.**

[Andamios y elementos auxiliares en la construcción histórica. Secretos de la historia de la construcción]

Berlin: Ernst und Sohn, 2021.

Tapa dura, 480 pp., 450 ilustr. col. y b/n. 79 €.

Muchas personas interesadas en la historia de la construcción habrán quedado fascinadas por los maravillosos dibujos de los manuscritos medievales que muestran la construcción de catedrales, castillos o edificios mencionados en la Biblia, como la Torre de Babel. Más recientemente, el libro de David Macaulay *Catedral*, destinado a los niños, ha fascinado también a muchos adultos. La gran mayoría de los libros sobre la historia de la construcción y la arquitectura se centran en los edificios terminados. Algunos autores han incluido sus propias ideas sobre cómo se construyeron las bóvedas o cúpulas góticas, pero, en la mayoría de los casos, revelan la ignorancia del autor incluso de las prácticas básicas de la ingeniería y la construcción de edificios. Esta laguna bibliográfica ha sido subsanada, en cierta medida, por el reciente libro del profesor Holzer, de la ETH de Zúrich. Por el título del libro, parece que se centra en los andamios, las cimbras y otras obras auxiliares temporales utilizadas en la construcción. Pero el libro trata de mucho más, ya que, en gran medida, las obras temporales revelan el método y la secuencia de construcción, ambos vitales para entender cómo se construyeron las grandes estructuras.

El libro se divide en seis capítulos, el primero de los cuales trata de cómo la historia de los andamios permite comprender la historia de las obras de construcción. Por su propia naturaleza, las obras provisionales no suelen sobrevivir una vez finalizado el edificio, por lo que nuestro conocimiento de éstas debe basarse en gran medida en libros, dibujos o maquetas que dan orientación o instrucciones sobre cómo debe construirse una estructura, o en dibujos y, posteriormente, fotografías, de obras reales. De hecho, a veces se incluyen obras de construcción en los laterales o en el fondo de cuadros cuyo tema principal está en el centro o en el primer plano. El autor no pretende que el libro sea exhaustivo, sino más bien, por primera vez, dar un contexto general a la historia de las obras de construcción. El ámbito del libro es la construcción de fábrica con cimbras y andamiajes de madera, desde la antigüedad hasta el comienzo de la Primera Guerra Mundial, si bien sólo unas pocas páginas tratan de estructuras construidas después de 1860. Prácticamente no se habla de las obras provisionales utilizadas para las estructuras de hierro, acero u hormigón armado.

El segundo capítulo se centra en las plataformas elevadas de trabajo, bien sostenidas por andamios de acceso contruidos desde el nivel del suelo, bien sujetas a la fábrica en voladizo a gran altura. La audacia y precariedad de algunas de estas estructuras de andamiaje es sencillamente impresionante. En el siglo XVII apareció en Austria, el sur de Alemania y Suiza un desarrollo interesante, un tipo de andamios que tenían dos conjuntos de maderas verticales —uno con maderas largas que soportaban poca carga vertical y que daba estabilidad a un segundo que consistía en puntales cortos que sostenían las plataformas de trabajo. La mayoría de los andamios para construcciones nuevas y en renovación estaban estabilizados y apoyados en la estructura en construcción; no obstante, muchas obras de mayor envergadura requerían estructuras de andamios independientes.

El tercer capítulo pretende responder a la pregunta: «¿Cómo se construye una bóveda?» Los romanos utilizaron cimbras y encofrados de madera para sus bóvedas de cañón y de arista de hormigón; también utilizaron cimbras para las bóvedas de hormigón con armaduras de ladrillo. A veces incluían encofrados para crear bóvedas artesonadas. Aunque se trata la construcción de las bóvedas de crucería góticas, Holzer, al igual que otros autores que le precedieron, no da una idea clara de cómo se sostenían las plementerías que cubrían los espacios entre los nervios antes

de que se cerrara el casco de la bóveda. Del siglo XIV se conserva en Suecia la cimbra original empleada para construir una pequeña bóveda en una torre. De mediados del siglo XVIII se conserva un modelo del proyecto de andamio independiente y cimbras empleados en la construcción de las bóvedas de la nave de la iglesia de Santa Ana en Augsburgo, en el sur de Alemania. Este modelo sustituyó a los dibujos o trazas a la hora de definir el proyecto y comunicarlo a los artesanos

El siguiente capítulo está dedicado a los trabajos temporales necesarios para construir cúpulas de fábrica. Después de estudiar las cúpulas romanas de hormigón y ladrillo, el capítulo analiza tres grandes estudios de caso: la cúpula de Brunelleschi en Florencia, la cúpula de San Pedro y el Panteón de París. Afortunadamente, Holzer menciona algunas «pistas falsas» o malentendidos sobre el cimbrado de las cúpulas, creados por algunos de los primeros autores que se ocuparon de éstas, especialmente en lo que respecta a la cúpula de Florencia.

El quinto capítulo, de 100 páginas, se ocupa principalmente de la pieza más importante, esencial, de las instalaciones empleadas en la construcción: la grúa. Un relieve romano que muestra una gran grúa accionada por una gran rueda de torno muestra que la tecnología de elevación de grandes pesos se desarrolló poco hasta la llegada de las grúas de vapor en el decenio de 1840. Del siglo XV y posteriores se conservan muchas ruedas de torno de este tipo, pero muy pocas poleas que no tenían menos importancia. Además de las ruedas fijas en los tejados de las catedrales, ya en el siglo XV eran habituales las grúas independientes, capaces de girar 360° y también accionadas por ruedas de torno. Una variante especialmente eficaz, que llegó a conocerse como «grúa francesa», tenía un poste central fijo y sólo giraba la parte superior de la grúa. Dentro de este capítulo se incluye también un apartado sobre el desplazamiento horizontal de grandes objetos mediante cabrestantes, cuerdas y poleas, así como su elevación. El traslado del Obelisco Vaticano por Fontana en la década de 1580 es quizá el ejemplo más conocido, pero no el único. En el decenio de 1450, una torre entera de piedra de Bolonia, de 25 m de altura, se desplazó sobre rodillos una distancia de sólo 13 metros. Por último, en la década de 1840 las máquinas de elevación entraron en una nueva era con el uso de grúas accionadas por vapor, bien fijadas en el lateral de un edificio en construcción, bien montadas en un bastidor que se desplazaba sobre raíles, o en un vagón de ferro-

carril, lo que permitió un transporte horizontal mucho más fácil de materiales pesados.

El último capítulo, el más largo, se centra en lo que el autor llama «el rey» de las estructuras de obras temporales: el cimbrado utilizado para construir puentes. La estructura vista de los puentes de mampostería hace que sea más fácil ver las pruebas del sistema de cimbras utilizado en su construcción – se estudia su evolución desde el Pont du Gard romano hasta 1900. Un pequeño puente en el Tirol austriaco, que data de alrededor de 1640, es particularmente notable porque el cimbrado de madera utilizado para su construcción todavía está en su lugar. Esto ha permitido recopilar información precisa sobre el montaje de las cimbras y ha permitido a Holzer mostrar en diez dibujos el método y la secuencia de su construcción. Debido a su importancia en el desarrollo de las ciudades, también tenemos la suerte de que la construcción de una serie de grandes puentes, sobre todo en Francia y Gran Bretaña, entre 1720 y 1820 aproximadamente, quedó registrada en dibujos muy detallados. Es en el proyecto de las cimbras de los puentes donde encontramos el primer intento de utilizar la ciencia de la ingeniería (estática) para determinar las cargas sobre las cimbras y las fuerzas en los miembros que las componen. En 1726, Henri Pitot (recordado por el tubo de Pitot utilizado para medir la velocidad del flujo de fluidos) aplicó las ideas sobre el equilibrio y el paralelogramo de fuerzas propuesto por Varignon para comparar dos proyectos alternativos de cimbra. Unas décadas más tarde, John Smeaton también utilizó argumentos basados en la estática para comparar proyectos alternativos de cimbras. A continuación se estudian varios ejemplos de cimbras utilizados para construir viaductos de fábrica para ferrocarriles construidos durante la segunda mitad del siglo XIX, que incluyen algunas extraordinarias estructuras de madera que no eran menos espectaculares que los propios viaductos. El capítulo termina con algunos ejemplos de estructuras de cimbra utilizadas en la construcción de algunos puentes en viga de hierro. Una de las omisiones de este capítulo es la cimbra utilizada para la construcción del Iron Bridge en 1789, tal y como se ilustra en el cuadro de Elias Martin. Esta estructura extremadamente endeble contrasta con las elaboradas estructuras de madera utilizadas en los puentes de fábrica construidos en la misma época.

El texto del libro está respaldado por más de mil notas a pie de página y unas seiscientas referencias a publicaciones y otras fuentes. El libro en sí está pro-

ducido con los más altos estándares, en papel de alta calidad y con excelentes imágenes.

Aunque lo que se presenta en el libro es excelente, tengo algunas reservas en cuanto a su alcance. Por ejemplo, se podría haber tratado el encofrado utilizado para dar forma a la construcción con mortero y hormigón, que no es menos importante que el andamiaje y el cimbrado. Tampoco se menciona el soporte temporal de las excavaciones, ni para los cimientos de los edificios ni para las estructuras de contención utilizadas al construir las pilas de los puentes. También en este caso, no eran menos importantes que el andamiaje y el sistema de cimbras de los puentes. Asimismo, no se menciona el martinete, que era una máquina de igual importancia que la grúa, al menos en lo que respecta a los cimientos y para ejecutar las estructuras de contención. Habría sido interesante, así mismo, conocer las estructuras de soporte utilizadas en la construcción de túneles, por ejemplo en el túnel del Támesis construido por los Brunel, padre e hijo. Por último, probablemente habría sido mejor limitar el libro a la construcción de fábrica en lugar de terminar con unas cuantas páginas simbólicas dedicadas a los puentes viga con entramados de hierro.

El libro está en alemán y lo recomendaría sin dudar a todos los germanoparlantes interesados en la historia de los métodos de construcción. Sin embargo, también lo recomendaría encarecidamente a quienes no lean alemán, ya que su punto fuerte es el gran número (450) de excelentes ilustraciones que contiene, muchas de ellas en color, cuya cantidad, calidad y variedad no tienen precedentes en un solo libro.

BILL ADDIS

---

José Calvo-López  
**Stereotomy. Stone Construction and Geometry in Western Europe 1200-1900.**

Basel: Birkhäuser, Basel. ISBN 978-3-030-43217-1

El profesor José Calvo presenta este volumen, prácticamente enciclopédico, sobre el tema central de sus investigaciones de más de veinte años, la estereotomía de la piedra y su relación con el nacimiento de la geometría descriptiva. Es difícil escribir sobre estereotomía y realizar nuevas aportaciones a la extensa

bibliografía escrita en los últimos años sobre el tema, pero el autor resuelve este reto con brillantez, como ha sido siempre habitual en sus escritos.

El libro propone un recorrido no solo por los tratados de cantería y estereotomía y sus autores, sino que nos presenta, con exquisito rigor metodológico, un análisis de las técnicas empleadas y de los elementos constructivos notables en el arte del corte de piedras. La influencia de la estereotomía en el nacimiento de la geometría descriptiva y su relación con otras ciencias como la perspectiva, la cartografía o la gnomónica están también presentes en su trabajo.

Se trata, sin duda, de un nuevo texto de referencia en la materia que viene a completar y actualizar los trabajos iniciales de José Carlos Palacios, *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español* (1990) y Enrique Rabasa, *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX* (2000).

La propuesta del profesor Calvo no se centra exclusivamente en el ámbito español sino que profundiza igualmente en textos y autores franceses, poniéndolos en relación con lo escrito y construido en España, sin olvidar autores y ejemplos de Italia, Alemania o Reino Unido. De esta manera, realiza también una profunda revisión de dos textos franceses, que han sido capitales en las investigaciones posteriores. Nos referimos a *L'Architecture a la française* de Jean Marie Perouse de Montclos (1982) y *Épures d'architecture* de Jöel Sakarovitch (1998). En cualquier caso, el nivel de erudición del autor, se muestra patente en la utilización, revisión y relación de una ingente lista de referencias, que interrelaciona y, en muchos casos, actualiza con los resultados de sus investigaciones más recientes.

El texto, escrito en un inglés claro y sencillo, permite a los lectores no especializados en el tema adentrarse en el conocimiento de los autores, las técnicas y los elementos clave de la historia de la estereotomía. Al mismo tiempo, el nivel de profundidad en cada tema tratado permite su utilización como texto de referencia en esta disciplina.

La utilización del idioma inglés para la redacción de esta publicación, editada por Birkhauser, tiene un valor añadido, pues el español y el francés han sido tradicionalmente los idiomas clásicos en la literatura técnica de esta ciencia. El completo glosario de términos, en las últimas páginas del libro, ayudará, sin duda, a futuras investigaciones escritas en este idioma internacional.

El libro se estructura en tres partes bien diferenciadas. La primera se dedica al estudio de los autores de tratados y manuscritos y a las técnicas empleadas en el arte de la cantería. La segunda parte constituye un autentico repertorio de todos los elementos constructivos que se pueden encontrar en los tratados durante el periodo descrito entre el siglo XIII y el siglo XIX. Se analizan y se comparan, desde los más simples elementos constructivos como muros, columnas o arcos, hasta los más complejos como trompas, arcos por esquina o en muros redondos, distintos tipos de bóvedas cilíndricas, esféricas y anulares, bóvedas de crucería y escaleras.

La parte tercera está dedicada a una serie de pequeños ensayos sobre temáticas variadas que han despertado el interés del autor y constituyen, junto con el resumen provisional a modo de epílogo, el núcleo de las más recientes investigaciones que el autor nos presenta en esta indispensable publicación.

ALBERTO SANJURJO ÁLVAREZ

Universidad CEU San Pablo

---

**PHYSICAL MODELS: Their historical and current use in civil and building engineering design.**

Addis, Bill (ed.)

Berlin: Ernst und Sohn, 2020.

Tapa dura. 1116 pp., 896 ilustr. b/n.

Algunos libros marcan un antes y un después en algún campo del conocimiento. Este es el caso del libro publicado por Bill Addis sobre los modelos físicos empleados en la ingeniería civil y en la construcción. El libro recoge 39 contribuciones de 30 autores diferentes y representa la primera publicación exhaustiva sobre este tema. Está dividido en cuatro partes. La primera se ocupa de los modelos físicos desde la antigüedad hasta los años 1880; la segunda de los modelos empleados en el proyecto estructural entre 1890 y los años 1930; la tercera cubre los modelos estructurales entre 1940 y los años 1980. Estas tres partes cubren prácticamente toda la historia del empleo de modelos físicos en la ingeniería civil de la construcción. La cuarta parte trata del empleo de modelos físicos en otros campos en de la ingeniería: la acústica, el empleo de túneles de viento y las mesas sísmicas,

y los modelos geotécnicos. La última de las cinco partes que conforman el libro se ocupa de la situación actual, recogiendo varios artículos sobre el empleo de modelos físicos en los principios de este siglo XXI. En lo que sigue se comentará brevemente el contenido de cada una de las partes.

En la Primera Parte, el primer artículo trata sobre los modelos en ingeniería civil y la construcción desde los tiempos antiguos hasta la revolución industrial y está escrito por D. Bühler que precisamente trabajó sobre la gran colección de modelos del Deutsches Museum (el primer Museo de la Técnica). Los dos siguientes artículos tratan el problema del empleo de modelos para el proyecto de arcos y bóvedas según los dos enfoques clásicos: modelos hechos de dovelas o bloques (Huerta) y modelos colgantes siguiendo la idea genial de Hooke (Graefe). Este último artículo desvela el impresionante proyecto, desconocido hasta ahora, de Gössling para el Reichstag, siguiendo formas catenarias. Después Kahlow trata otro tema muy poco conocido: los grandes modelos que se construyeron para los proyectos de un gran puente de 300 m sobre el río Neva en San Petersburgo en la segunda mitad del s. XVIII. Después, Smith describe el empleo de modelos para puentes colgantes en el Reino Unido centrándose en la primera mitad del XIX; los hoy olvidados puentes atirantados de Dredge se discuten en detalle. Addis a continuación explica minuciosamente el caso del puente tubular del Britannia, donde el trabajo experimental corrió parejo con la construcción, en un alarde de coraje e ingenio por parte de los ingenieros proyectistas del puente.

La Segunda Parte, dedicada al empleo de modelos en el proyecto estructural entre los años 1890 y 1930, comienza con un artículo de Chrimes, sobre el empleo de modelos en el proyecto de las presas. El problema, inabordable mediante el cálculo elástico por la imposibilidad de resolver las ecuaciones, se atacó con una serie de modelos físicos. El siguiente artículo de Addis estudia con gran detalle el empleo de modelos para el proyecto de la gran presa Boulder (hoy Hoover) de más de 200 m de alto en Arizona, entre 1930 y 1936. Cambiando el tercio, May expone el papel de los modelos en el desarrollo y el cálculo de las primeras cáscaras delgadas, Zeiss, en Alemania, en los años 1920 y 1930. Son conocidos los desarrollos teóricos de los dos actores principales: el físico Bauersfeld (inventor del planetario y de la llamada, decenios más tarde, por Fuller «cúpula geodésica») y el ingeniero Dischinger. Es conocido el desarrollo

teórico, pero este artículo recoge por primera vez los cuidadosos ensayos sobre modelos a escala que complementaron los desarrollos teórico y permitieron construir las grandes cáscaras delgadas, primero de los planetarios, y que culminan en las grandes cúpulas del mercado de Leipzig (76 m de luz y 9 cm de espesor!). A continuación, Chiorino y Neri describen el empleo de modelos en Italia, centrándose en el ingeniero Danusso, y Antuña describe los modelos empleados por Torroja en importantes obras anteriores a la guerra de 1936, entre ellas el Hospital Clínico, el Hipódromo de la Zarzuela y el mercado de Algeciras. Otro artículo de Addis cierra esta parte, dedicado al desarrollo de los modelos fotoelásticos.

La Tercera Parte se centra en el empleo de modelos estructurales entre los años 1940 y 1980. Se trata de una época que podríamos llamar de transición hasta el empleo generalizado de los modelos numéricos por ordenador. Esta parte comienza con un artículo de Espion y Addis sobre la teoría de modelos y los distintos tipos de aparatos de medición empleados. A continuación Weber describe el trabajo en la Universidad de Stuttgart, donde se elaboraron grandes modelos, incluyendo los modelos colgantes ideados por Frei Otto y que culminaron en el proyecto y construcción de las cubiertas colgantes para los Juegos Olímpicos de Múnich 1972. Después, Chiorino y Neri complementan su artículo de la Parte II sobre el empleo de modelos, y análogamente, Antuña completa su estudio sobre los modelos de Torroja aportando interesantísima documentación que, al menos parte, se publica por primera vez. En el Reino Unido la actividad más importante en modelos estructurales se localiza en la Cement and Concrete Association y Trout describe sus trabajos más significativos. Otro gran ingeniero que empleó sistemáticamente modelos estructurales es Hossdorf y el artículo de Cassinello ilustra la gran variedad de tipos estructurales que estudió con modelos. El ingeniero italiano Musmeci realizó un intento muy original de construir puentes soportados por cáscaras delgadas; la imposibilidad de los cálculos numéricos, por su complejidad, obligó al empleo de modelos; Ingold, que firma este artículo, describe el proceso en detalle y describe el extraño puente de Basento, quizá el único soportado por cáscaras delgadas. En el mundo de las cáscaras el nombre de Isler es bien conocido y Chilton describe su apasionado empleo de modelos de distintos tipos para proyectar sus increíbles cáscaras. Cierra esta parte el estudio del empleo de modelos para otro tipo estruc-

tural: las cubiertas de malla (gridshells), centrándose en el caso del pabellón Multihalle de 1975 en Mannheim. Liddell describe con detalle el empleo de los distintos modelos elaborados para garantizar la seguridad de este original proyecto.

La Cuarta Parte mejor está dedicada a los modelos que se emplean en temas no estructurales. Addis firma los tres primeros artículos que se ocupan del empleo de modelos en la ingeniería hidráulica de aguas superficiales libres (ríos, estuarios, puertos, etc.), los modelos para las cargas de viento (túneles de viento) y los modelos para simular terremotos (mesas sísmicas). Se describe en detalle la historia y el funcionamiento de estos modelos y los artículos permiten al profano atisbar la complejidad de los fenómenos estudiados. A continuación Orłowski describe la historia del empleo de modelos para evaluar la acústica de las salas, centrándose en algunos casos clave (por ejemplo, la Ópera de Sídney). Esta parte termina con los modelos empleados en estudios geotécnicos, centrándose en los modelos centrífugos. El autor, Craig, es un experto en el empleo de estos modelos.

La Quinta Parte, la última del libro, recoge una serie de ensayos de la aplicación de los modelos en los dos primeros decenios de este siglo XXI. La selección de temas pretende dar un panorama del empleo actual de modelos físicos, «reales», a escala en pleno auge de los modelos numéricos de ordenador, «virtuales». Los artículos tratan desde modernas estructuras de cáscara o de barras (Kawaguchi, Martin), pasando por su empleo para resolver problemas constructivos en la reconstrucción de una compleja bóveda del gótico tardío (Wendland), o la práctica actual corriente del empleo de modelos en estudios de la acción del agua superficial (Sutherland). Se describen también los últimos avances en el uso de túneles de viento (Dorigatti), mesas sísmicas (Kasalanati), modelado centrífugo (White) y problemas acústicos (Orłowski). Knippers estudia los modelos biológicos y Kawaguchi describe los modelos usados para proyectar y construir una cometa gigante japonesa de 100 m de longitud!

Bühler y Weber escriben el Epílogo del libro que resume el estado actual de la cuestión y también explora las posibilidades futuras del empleo de modelos físicos en el cálculo y proyecto de obras de construcción e ingeniería. Los Apéndices recogen una selección de textos históricos sobre modelos. Un poco conocido texto de Vitruvio sobre modelos de máquenas

de guerra, el bien conocido fragmento de Galileo sobre los cambios de escala y la imposibilidad del proyecto proporcional (los gigantes tendrían sus miembros deformes). De manera muy interesante se incluye una traducción (Holzer) del original en latín de un artículo muy poco conocido de Euler sobre la influencia del tamaño a la hora de evaluar la resistencia de un puente a partir de su modelo a escala (que, precisamente, se escribió en el contexto de los concursos que hubo para los grandes puentes sobre el Neva; véase Kahlow más arriba). También se incluyen extractos de los informes sobre el gran proyecto de Telford en 1800 para un puente de 240 m sobre el Támesis (Thomas Young demostró más tarde que el proyecto era viable). Finalmente se transcriben tres artículos publicados en revistas de ingeniería sobre el tema de los modelos.

El libro, magníficamente editado, incluye también las biografías de los autores que es una referencia muy interesante a la hora de valorar sus contribuciones, y está dotado de un excelente índice alfabético (autores, lugares y temas) que permitirá localizar a los lectores aquellos aspectos que les puedan interesar más. Este libro es el primero de una «Construction History Series», editada por Karl-Eugen Kurrer y Werner Lorenz, dos especialistas en el campo de la historia de la construcción (sus biografías también se incluyen). El segundo libro sobre Cimbras y andamios (Holzer) se reseña también en esta revista. Un tercer libro sobre las Armaduras de hierro del Hermitage (Lorenz) se publica en pocos meses.

Parece que no se puede hacer una reseña de un libro sin señalar alguna falta, porque si no el autor de la reseña sería sospechoso de tener amistad con el autor o editor (como es el caso aquí). Echo de menos un artículo sobre el papel que jugaron los ensayos de modelos en el desarrollo de la teoría plástica de vigas y pórticos. Estos modelos de rotura son modestos en comparación con la mayoría de los tratados en este libro – por ejemplo, Mariotte ya dedujo hacia 1680 rompiendo pequeñas vigas de madera que la carga de rotura de una viga apoyada se duplica si se empotran sus extremos. Si bien es cierto que Baker ensayó y estudió en los años 1920 estructuras de tamaños reales, parte importante de los desarrollos teóricos fueron comprobados mediante el ensayo de pórticos en miniatura (Heyman).

Para resumir, este libro, producido y editado por Bill Addis –¡en un tiempo récord de menos de cuatro de años!– es un trabajo monumental. Es difícil

imaginar cómo Bill ha sido capaz de coordinar los 39 artículos de 30 autores diferentes, consiguiendo que todos y cada uno de ellos cumpliera los altos estándares fijados y cumpliendo los plazos. El resultado cubre prácticamente todo el campo de la historia del empleo de modelos en la ingeniería, con especial énfasis en la ingeniería civil y de la construcción. Este libro no es sólo una gran compilación; será, sin duda, el punto de partida de nuevas investigaciones que bien completarán las ya incluidas en él o abrirán nuevas vías para conocer mejor el empleo de los modelos físicos a lo largo de la historia. No sólo eso, el arquitecto o ingeniero en activo podrá

valorar en qué medida el empleo de modelos físicos le puede ayudar en la difícil tarea de proyectar construcciones nuevas.

Físicamente, en papel, el libro merece la pena. Está magníficamente impreso y las casi 900 ilustraciones excelentemente reproducidas. El precio de la editorial con libro electrónico (139 €) parece excesivo para un modesto investigador, pero en algunas plataformas de compra on-line he podido comprobar que aparecen precios mucho más asequibles.

SANTIAGO HUERTA  
Universidad Politécnica de Madrid

