

La Arquitectura convertida en ornamentación en el Tratado de Bernard Forest de Belidor: *La Science des Ingénieurs ...* (1729)

The Architecture converted in ornamentation in the treatise *La Science des Ingénieurs...* (1729) by Bernard Forest de Belidor

Jorge Galindo-Díaz¹

RESUMEN

En este artículo se describen y analizan los contenidos del que ha sido considerado el primer tratado de ingeniería moderna: *La Science des Ingénieurs*, de B.F. Belidor (1729), de gran importancia en las academias de formación de ingenieros en Europa y América. El objetivo principal es el de demostrar la manera en que en él se hace una simplificación de la arquitectura a la manera de un arte puramente decorativo, dando supremacía al valor de las matemáticas y la geometría.

Palabras clave: ingeniería moderna, teoría de los órdenes, academias de ingenieros

ABSTRACT

This article describes and analyzes the contents of what has been considered the first treatise on modern engineering: *La Science des Ingénieurs*, by B.F. Belidor (1729), of great importance in engineering training academies in Europe and America. The main objective is to demonstrate the way in which a simplification of architecture is made in it in the manner of a purely decorative art, giving supremacy to the value of mathematics and geometry.

Keywords: modern engineering, order theory, engineering academies.

¹ Profesor Titular - Universidad Nacional de Colombia

1. INTRODUCCIÓN

En 1729 se publicó en París el que para algunos autores (Collins, 1970; Pérez-Gómez, 1980 y González, 1993, entre otros) es el primer gran tratado de la ingeniería moderna: *La Science des Ingénieurs ...*, escrito por Bernard Forest de Belidor (1697-1761), quien fuera profesor de matemáticas en la Escuela de Artillería de La Féré, miembro de las sociedades científicas de Londres y Prusia y corresponsal de la Academia Real de Ciencias de París. La importancia de este libro en cuanto a los aspectos relacionados con la construcción de obras de fortificación ha sido señalada por Galindo (2000), Ginovart (2015) y Traetta (2020), principalmente, en tanto que su influencia en la formación de ingenieros en Brasil ya fue destacada por Oliveira (2004), Marocci (2006) y Silva et al. (2010), por ejemplo. Además, su legado en el campo del análisis estructural, la geotécnica y la organización de los procesos de construcción es mencionada regularmente en numerosos estudios especializados, de tal manera que tanto este libro, así como todo el conjunto de la obra de Belidor² gozan de una importante valoración en los últimos años.

Si bien el objetivo principal del autor de *La Science des Ingénieurs ...* era el de presentar un cambio de dirección en dos aspectos fundamentales de la cultura técnica de los ingenieros modernos –el dimensionamiento de la estructura a partir de procedimientos numéricos y la organización de los procesos de los trabajos de construcción–, abarcó en él otros temas relacionados con el conocimiento de los materiales de construcción, la distribución de los edificios y su decoración. Estos últimos ya venían siendo desarrollados en numerosos tratados de fortificación de los

² Belidor fue también autor de los siguientes libros: *Sommaire d'un Cours d'Architecture Militaire, Civile, Hidrolique* (1720), *Nouveau cours de mathématiques* (1725), *Le Bombardier françois, ou nouvelle méthode de jeter les bombes avec précision* (1731), *Architecture hydraulique, ou l'art de conduire, d'élever et de manager les eaux* (1737), *Œuvres diverses de M. Belidor concernant l'artillerie et le génie* (1754) y *Dictionnaire portatif de l'ingénieur* (1755).

siglos XVI y XVII, en los que todavía era difícil precisar los límites entre la arquitectura y la ingeniería militar.

En este artículo se hará un breve recuento de los contenidos que hacen parte del tratado con especial atención a la manera en que en su lectura se advierte una clara simplificación de la arquitectura a la manera de un arte puramente decorativo que hace uso de los códigos propios de los órdenes arquitectónicos y para lo cual su autor organizó un conjunto de bien elaboradas ilustraciones que servirían de guía en instituciones académicas destinadas a la formación de ingenieros y a ser modelo digno de replicarse en algunas entradas de recintos amurallados.

2. ESTRUCTURA GENERAL Y CONTENIDOS DE LA *SCIENCE DES INGÉNIEURS* ... (1729)

En su primera edición³, el tratado estuvo distribuido en dos volúmenes que contenían seis libros, cada uno de los cuales estaba enumerado individualmente, logrando una extensión total de 498 páginas en folio. El texto se acompañaba de un conjunto de 52 ilustraciones preparadas por el grabador Jacques Rigaud, todas con una clara finalidad didáctica.

El libro I está consagrado por entero a la manera de servirse de los principios de la mecánica para obtener las dimensiones más convenientes de los revestimientos de las obras de fortificación y establecer su equilibrio frente al empuje de las tierras que debían de sostener. Dividido en seis capítulos, se vale de ejercicios, teoremas, lemas y corolarios para explicar el dimensionado de obras de contención: trata de la

³ Biral y Morachiello (1985) reseñan las subsiguientes ediciones, todas ellas en francés, excepto las dos últimas, en italiano y alemán respectivamente: La Haya, Henri Scourleer, 1734; París, Ch. A. Jombert, 1739; La Haya, P. Gosse Jr., 1754 y 1775; París, Firmin Didot, 1813, esta con notas de Navier; París, F. Didot frère, 1830; Milán, Perelli y Marini, 1840; Nuremberg, C. Weigel, 1857-58.

determinación del centro de gravedad de diversas figuras, el cálculo del espesor de muros y la magnitud de las fuerzas horizontales del terreno. El Libro II tiene cuatro capítulos, que tratan de la mecánica de las bóvedas con el fin último de mostrar la manera de conocer el grueso de los estribos y como en el anterior, se organiza también a partir de ejercicios, teoremas y corolarios.

Una vez expuestos los métodos de resolución a tales problemas, los libros III y IV tratan aspectos relacionados con la construcción misma de los edificios combinando conceptos teóricos y empíricos. El libro III comprende el conocimiento de los materiales, sus propiedades, sus detalles y la manera de emplearlos en la construcción; tiene 12 capítulos que constituyen una completa monografía sobre las propiedades físicas y empleo de la piedra, el ladrillo, la cal y la arena así como de los morteros y algunos detalles propios de las obras de mampostería. Por su parte, en el libro IV se atiende la construcción de edificios civiles y militares a través de 14 capítulos en los que se presentan distintas tipologías de puertas, garitas, almacenes, arsenales y otros edificios que se hacían al interior de las fortificaciones, precedidas por algunas explicaciones acerca de las calidades de la madera y del hierro.

El libro V está dedicado a la decoración de los edificios, donde expone la teoría de los órdenes arquitectónicos a través de 12 capítulos, tema que se justifica en su importancia para la traza y construcción de las portadas de las fortificaciones, así como en la ampliación del repertorio programático que ponía a los ingenieros militares al frente de edificios con carácter civil. El libro VI y último, comprende la manera de hacer los contratos y documentos técnicos necesarios en la construcción de las fortificaciones y de obras públicas.

También es importante mencionar los temas que están ausentes en el tratado, si se compara éste de Belidor con la extensa tradición de los libros de fortificación que le precedieron: a diferencia de la gran mayoría de ellos ya no se dedica un apartado al

desarrollo –a veces muy extenso– de las operaciones de índole geométrica que se consideraban necesarias para establecer las formas geométricas de un recinto amurallado, bien se tratase de polígonos regulares o de figuras irregulares adaptadas a las condiciones del sitio. Este ejercicio, al cual muchos autores habían dedicado extensas páginas para explicar métodos ajenos y propios vinculados a su nombre, pierde en Belidor toda validez no solo por el suficiente desarrollo que el tema presentaba para los inicios del siglo XVIII, sino también por el cada vez más ausente carácter simbólico y trascendental de la geometría y el número.

El orden en que los libros se disponen dentro del tratado que aquí se estudia, parece guardar sí una clara intencionalidad por parte de su autor: primero se presentan teorías abstractas sobre problemas particulares, nacidas del conocimiento de las leyes de la mecánica; luego se expone un conjunto de conocimientos teóricos y empíricos acerca de la materia y finalmente se explica la manera de resolver tipológicamente una edificación y las estimaciones necesarias para su puesta en obra.

En la primera edición de 1729, los libros I, II, III y VI ocupan el primer volumen, en tanto que los libros IV y V ocupan el segundo. ¿Responde esto también a una intención? No es posible precisarlo, pero el carácter distinto que ambos volúmenes adoptan es evidente. En el primero, Belidor recoge los contenidos que él mismo considera más importantes para el ingeniero moderno y que conforman su contribución más original, tal como lo afirma en el prefacio del tratado; allí resume conocimientos abstractos (*teorías*), recomendaciones acerca de los materiales (*reglas*), y precisiones sobre la conducción de los trabajos que buscan regular la práctica constructiva (*instrucciones*). El segundo volumen, con los libros III y IV, se ocupa fundamentalmente de asuntos relacionados con la respuesta tipológica de los edificios y su decoración de tal manera que su intención parece ser la de establecer modelos visuales a través de plantas y secciones para ejemplificar la manera de

responder a casos particulares, como si se tratase de un catálogo de figuras de las que se puede echar mano cuando sea necesario.

Por todo esto, si ya en Belidor es posible encontrar un cuerpo de conocimientos constructivos diferenciados por sus contenidos (que determinan en la fase de concepción arquitectónica las características de la parte material y que permiten que este edificio se convierta en realidad física), también es posible percibir la estructura que lo convierte en un *sistema de acciones*: su tratado es producto de toda una reflexión precedente y de su confrontación con la práctica, alimentada y promovida por un afán que parte de la necesidad de asegurar militarmente la defensa y consolidación de los Estados europeos.

3. LA SUPREMACÍA DEL DISCURSO MATEMÁTICO EN EL EJERCICIO DE LA ARQUITECTURA

En los párrafos preliminares que anteceden al primero de sus libros, Belidor expone su particular visión del conocimiento, tanto del que se adquiere a través del contacto con la experiencia como del que resulta de la especulación teórica y, explícitamente, del que hace uso del lenguaje matemático:

*Desde que se han buscado en las matemáticas los medios de perfeccionar las artes, se han hecho progresos que nadie antes podía esperar ... la opinión de algunos de que es sólo la práctica lo que les puede llevar a su fin, es todavía un obstáculo no menos difícil de vencer; es bien cierto que la experiencia contribuye mucho a dar conocimientos nuevos, y que ella suministra permanentemente a las más hábiles personas ideas de reflexión ...*⁴

⁴ *Depuis qu'on a cherché dans les Mathématiques les moyens de perfectionner les Arts, on y a fait des progrès qu'on n'eût osé espérer auparavant ... l'opinion qu'il n'y a que la seule pratique qui peut les mener au but, est encore un obstacle qui n'est pas le moins difficile à vaincre; il est bien vrai que l'expérience contribuë beaucoup à donner des connoissances nouvelles, & qu'elle fournit tous les jours aux plus habiles gens des sujets de réflexion ... pp. 1-2, libro I.*

Así, el autor no parece cuestionar la contribución de la experiencia, pero considera que los saberes que resultan de la práctica se transmiten de una generación a otra *con los mismos defectos*, permaneciendo en un estado de imperfección, *tal como ocurre con la arquitectura*, a la que considera incapaz de resolver analíticamente problemas que requieren del conocimiento matemático:

*Todo ello es sin duda, porque la mayoría de los hombres no consultan suficientemente la razón; esclavos de los prejuicios, es apenas el uso lo que les determina, y por no hablar de la Arquitectura ... ningún arquitecto ha establecido los principios para hallar el punto de equilibrio entre las fuerzas actuantes y resistentes ... sobre el espesor que ha de dar a los revestimientos de los terraplenes ... a los pies derechos de los arcos o a los pilares de los puentes ...*⁵

Su crítica es contundente. Por encima de la conveniencia y el gusto, defiende al álgebra y a la mecánica como el lenguaje en el que se debe expresar el conocimiento del arquitecto. Tal es el propósito explícito de su libro: reconducir los métodos con los que este profesional aprende y sustituir la experiencia por un nuevo sistema teórico como vía para alcanzar el verdadero conocimiento.

*Así, para comenzar a seguir el método según el cual me parece que el arquitecto deba ser tratado ... hemos de enseñar en este libro, una nueva teoría para reglar el espesor de los revestimientos de la mampostería ...*⁶

En el primero de los casos que trata, la *Theorie de la Maçonnerie*, Belidor hace un recuento de saberes previos que él considera necesarios (y que ya había desarrollado parcialmente en su libro *Nouveau Cours de Mathématique*, publicado en 1725, y al que cita en numerosas ocasiones), entre los que se encuentra la forma de establecer el centro de gravedad de superficies planas. El paso inicial consiste en conocer el espesor

⁵ *Cela vient sans doute, de ce que la plûpart des hommes ne consultent point assés la raison; esclaves du préjugé, c'est presque toûjours l'usage qui les détermine, & pour ne parler que de l'Architecture ... aucun Architecte n'a donné des principes pour trouver le point d'équilibre entre les forces agissantes & celles qui doivent résister ... quelle épaisseur il faut donner aux revêtemens des terrasses ... aux piés-droits des Voûtes, aux Culées des Ponts...* p. 2, libro I.

⁶ *Ainsi pour commencer à suivre la méthode selon laquelle il m'a paru que l'Architecte devoit être tre traitée ... nous allons enseigner dans ce Livre ci, une nouvelle théorie pour régler l'épaisseur des revêtemens de maçonnerie...* p. 4, libro I.

de un muro sometido a un empuje, reduciendo tal situación al de una máquina simple: el plano inclinado (Figura 1); pero antes de su demostración, el autor hace tres concesiones previas que constituyen una modelización del hecho estructural, a la manera de la conceptualización moderna de los hechos físicos:

*La primera es que se debe ver el muro como si estuviese apoyado sobre unos fundamentos inquebrantables ... La segunda, es que se ha de considerar al muro como compuesto de una sola piedra ... La tercera, es que se puede entender el perfil del muro como expresión misma de todo el muro ...*⁷

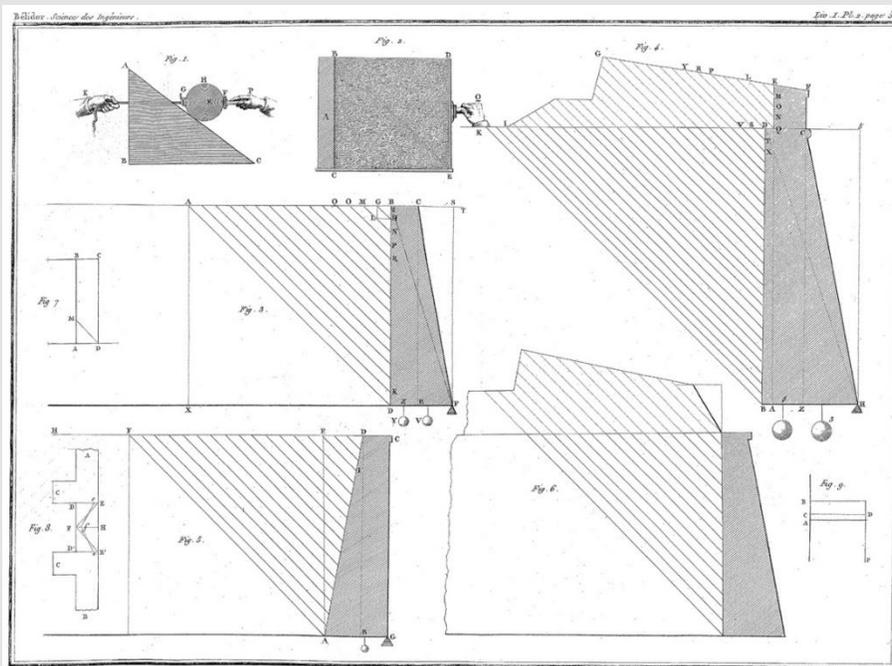


Figura 1. Lámina I, plancha 2, que ilustra el problema del empuje que ejerce un volumen de tierra sobre un muro de contención.

una máquina simple, en este caso la palanca. De nuevo, la descripción arquitectónica se efectúa a través de una serie de problemas y dificultades progresivas, que convierten en auténticamente moderna su forma de razonamiento: más que sobre el álgebra, Belidor se apoya en la modelización de los hechos. Se trata de una manera

⁷ *La première est que l'on doit regarder un Mur comme étant assis sur des fondemens inébranlables ... La seconde, est qu'on doit considerer un Mur comme composé d'une seule pierre ... La troisième, c'est qu'on peut regarder le profit d'un Mur comme exprimant le Mur même ...* p. 12, libro I.

abstracta de considerar los elementos estructurales, en donde el ejemplo aparece desprovisto de lo impredecible: es así como el perfil del arco y las fuerzas que actúan sobre él se expresan gráficamente a través de una geometría perfecta, de líneas curvas y continuas, como si se tuviese un control riguroso de todas las dimensiones de de la realidad (Figura 2).

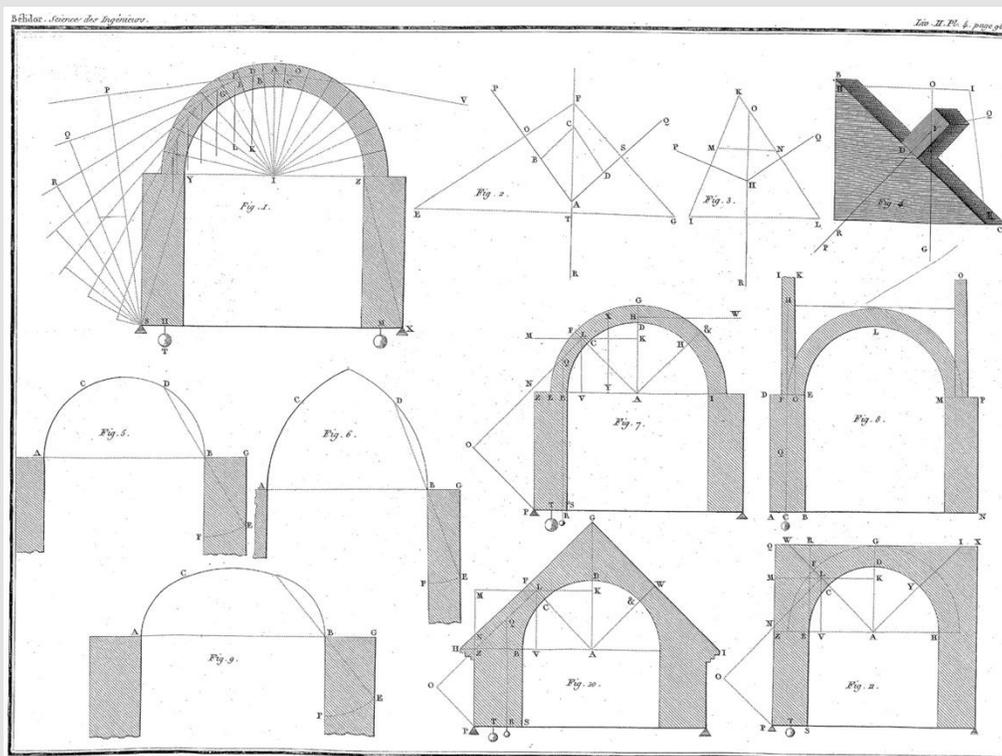


Figura 2. Lámina II, plancha 4, que ilustra el problema del comportamiento de un arco de dovelas y sus estribos.

Una vez superados los aspectos propios de la mecánica estructural desarrollados en los libros I y II con argumentaciones de orden matemático, el libro III del tratado de Belidor guarda dos niveles de contenidos: de los capítulos 1 a 5, todas son explicaciones referentes a las propiedades de los materiales, mientras que los comprendidos entre el 6 y el 12, describen y pormenorizan sus procesos de colocación. El tratamiento de la arquitectura civil reaparece en el libro IV, consagrado en su totalidad a explicar el grueso de la construcción de edificios militares y civiles,

con énfasis en los trabajos de carpintería atinentes a las cubiertas y las puertas principales de los recintos amurallados así como sus obras complementarias: puentes levadizos y giratorios. También se incluyen explicaciones sobre la forma de las garitas, letrinas y almacenes de pólvora, siempre con énfasis en sus aspectos morfológicos de tal manera que la figura clásica del arquitecto parece volver a tener cabida, al menos desde el punto de vista operativo.

Especial interés otorga Belidor a las portadas que se construyen en los accesos de las fortificaciones e incluye al menos diez ejemplos de algunas de ellas (Figura 3), mediante representaciones en planta y alzada, señalando que lo correspondiente a sus aspectos ornamentales será tratado en el libro siguiente. Si bien su construcción como enaltecimiento del edificio mismo había sido cuestionada con anterioridad por autoridades militares francesas dado el dinero y el tiempo que se invertía en ello, fue Sebastian Le Preste de Vauban el encargado de reivindicar su importancia dado su marcado carácter simbólico en la segunda mitad del siglo XVII.

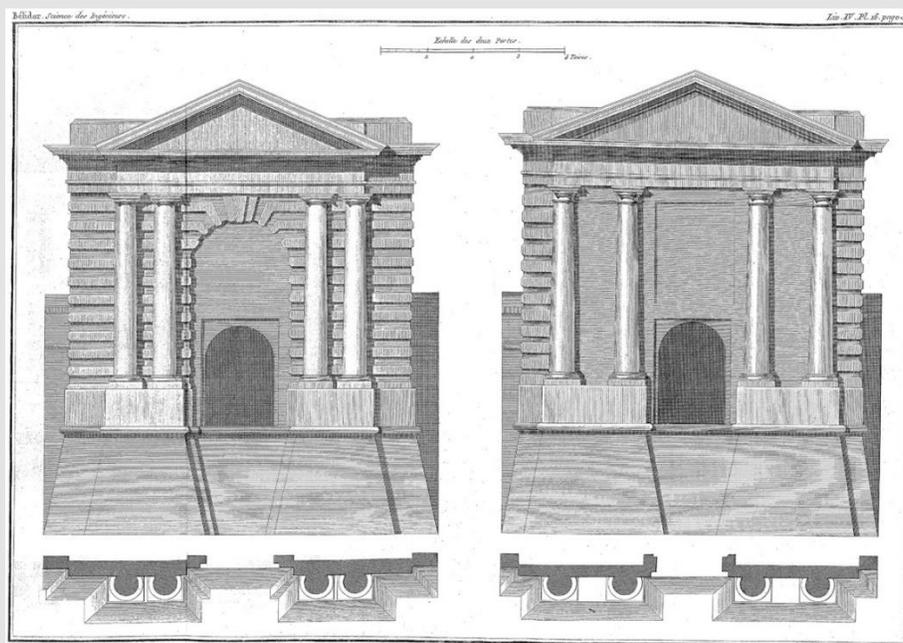


Figura 3. Lámina IV, plancha 16, con el ejemplo de dos portadas de ingreso a una fortificación.

En el ámbito francés, las puertas de edificios civiles diseñadas con atención a la teoría de los órdenes habían sido incluso objeto de un libro publicado por Francine Alexandre (1630), con el fin de ofrecer un amplio repertorio formal que se podía usar en villas urbanas. Sin embargo, su construcción se extendió también a los recintos fortificados, tanto en el territorio europeo como en sus colonias americanas: así lo registran Cruz et al. (2020) en el caso del fuerte de St-Louis, en Martinica. Siguiendo esta línea de actuación, los ingenieros militares al servicio de la corona española también diseñaron y concibieron imponentes puertas de acceso en edificios militares de Cartagena de Indias, La Habana y Trujillo, entre otras ciudades, transmitiendo un mensaje tanto de poder y control político como de unidad territorial de las colonias bajo su órbita imperial (Gámez, 2022).

En el libro V del tratado de Belidor el tema central es la decoración de los edificios a partir del uso de los órdenes clásicos, lo que ha de permitir al ingeniero adquirir el sentido del *buen gusto* y hacerle capaz de dotar a los edificios de *cierta gracia* que merecen hasta las edificaciones más sencillas:

El arte de decorar los edificios contiene tantas cosas interesantes y útiles que pensé que no podía prescindir de hacer un pequeño tratado sobre él que contuviera sucintamente las máximas más aprobadas de los mejores Arquitectos. Se bien que la mayoría de los Ingenieros se apegan poco a ella, siendo las demás partes de su profesión suficientemente extensas para ocuparlas enteramente; sin embargo, si reflexionamos que sólo a través del conocimiento de los órdenes de la Arquitectura podemos adquirir el buen gusto y esa gracia que tan bien les conviene.⁸

El autor apela entonces a la autoridad de las figuras clásicas de Vitruvio, Palladio, Vignola, Scamozzi, Fréart de Chambray y por supuesto Perrault, junto a Blondel y D'Aviler, para justificar la importancia del conocimiento de los órdenes, aunque

⁸ *L'art de décorer les edifices renferme tant de choses intéressantes & utiles, que j'ai crû ne pouvoir me dispenser d'en donner un petit traité qui contint succinctement les maximes les plus aprouvées des meilleurs Architectes. Je sai bien que la plûpart des Ingénieurs s'y attachent peu, les autres parties de leur métier étant assez étenduës pour les occuper entièrement; cepednat si l'on fait réflexion que ce n'est que par la connoissnce des ordres d'Architecture qu'on peut acquérir le bon goût & cette grace qui sied si bien dan les ... p. 1, libro V.*

decide adoptar abiertamente el método de Vignola para tomar y transmitir de él sus explicaciones, puesto que:

*Su método es fácil, sus reglas son generales, y lo que encarece su valor es que las ha extraído de esos grandes originales que no se puede evitar tomar como modelos, sin caer en graves faltas, como ha ocurrido con la arquitectura gótica, que sin haber tenido más fundamento que la ignorancia y un ridículo capricho, llenó el mundo de una cantidad de edificios que no se adornaban más que con baratijas.*⁹

En el ámbito francés, una versión de la obra de Vignola (1562) se había dado a conocer desde principios del siglo XVII gracias a la revisión que del texto original hiciera Pierre Le Muet (1631), aunque sin duda, la más completa descripción de los órdenes clásicos había estado a cargo de Claude Perrault (1683), para quien ellos constituían la piedra angular de la belleza arquitectónica (Rykwert, 1982). A través de los cinco que se reconocían (toscano, dórico, jónico, corintio y compuesto) Perrault pretendía crear un sistema de proporciones sobre principios simples de tal manera que fueran asimilados por cualquier arquitecto como piezas de un lenguaje universal.

Desde la aparición de los primeros tratados de fortificación, en el siglo XVI, la teoría de los órdenes había estado prácticamente ausente de sus contenidos, con excepciones en algunas obras de carácter enciclopédico como las de Marolois (1614), Ozanam (1691) o Tosca (1757). Es por ello que gana importancia el que Belidor los considerara en un libro independiente en el que desarrolla con detalle las molduras y sus ornamentos (Figura 4), la génesis de cada uno de los órdenes, así como las características de pedestales, columnas y entablamentos, con particular acento en el trazado geométrico de la voluta jónica y la construcción de la éntasis en las columnas (Figura 5).

⁹ *Sa méthode est aisée, ses règles sont générales, et ce qui en augmente le prix, c'est qu'il les a tirées de ces grands originaux qu'on ne peut se dispenser de prendre pour modèles, sans tomber dans des défauts grossiers, comme cela n'est que trop arrivé, à la confusion de l'architecture gothique, qui sans avoir eû d'autre fondement que l'ignorance et un caprice ridicule, a rempli le monde d'une quantité d'édifices qui n'étaient ornés que par des colifichets ...* p. 3, libro V.

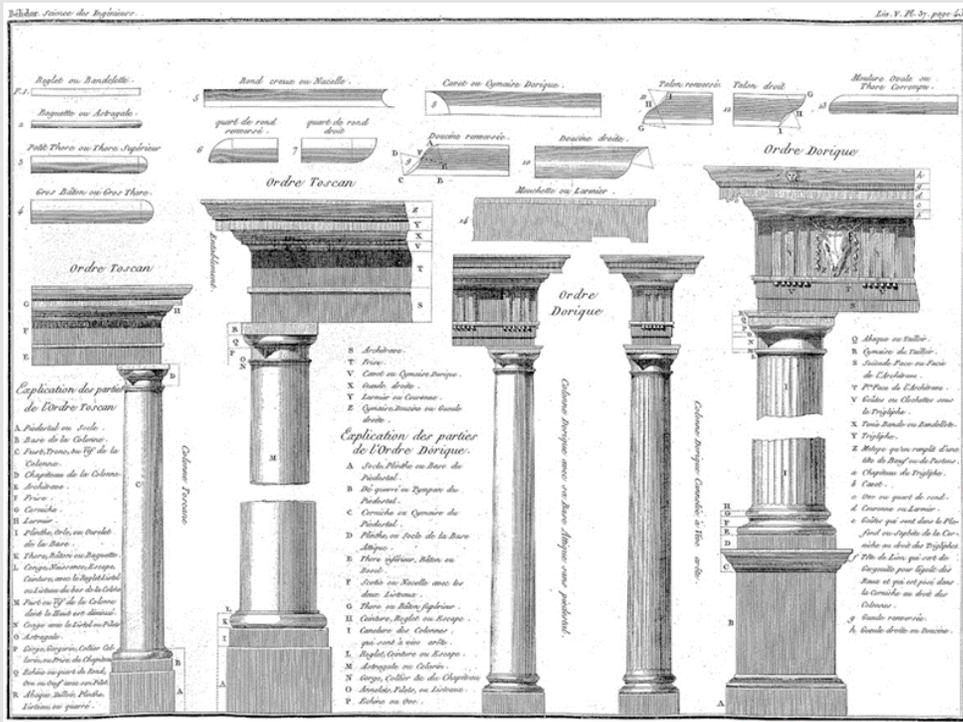


Figura 4. Lámina V, plancha 37, con la representación de las columnas toscana y dórica.

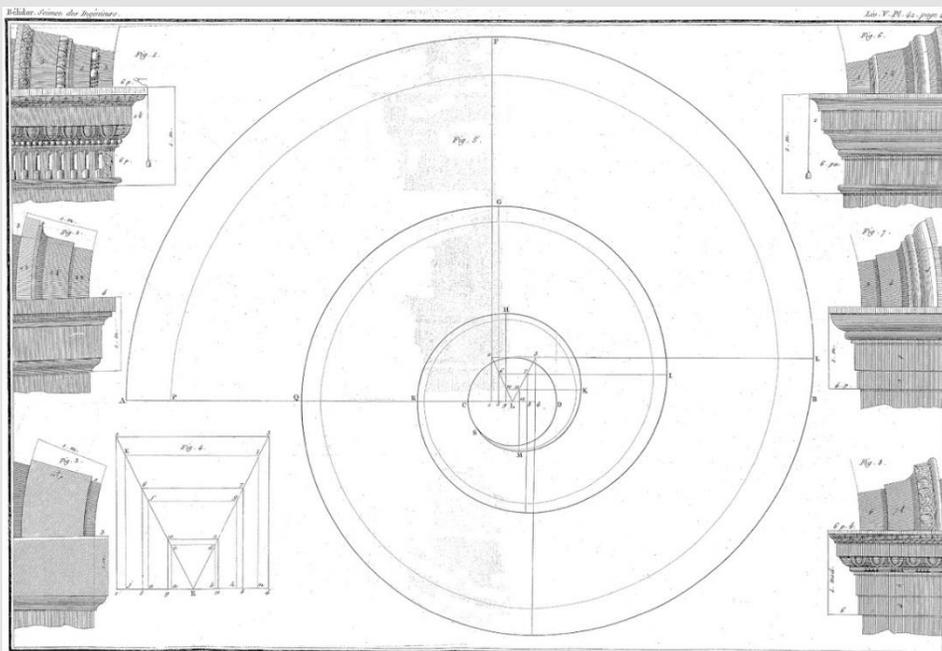


Figura 5. Lámina V, plancha 42, a través de la cual se explica el trazado de la espiral que da origen a la voluta jónica.

Superadas las extensas explicaciones relacionadas con los órdenes clásicos, en el último capítulo del libro V Belidor hace un reconocimiento a la *distribución*, asociada esta a la idea moderna de funcionalidad, a la que asigna un papel esencial en la disciplina arquitectónica:

*Por distribución entiendo el uso que se ha de hacer del suelo sobre el que se puede levantar un edificio. Esta parte de la arquitectura puede ser considerada como la principal y más esencial, estando todas las demás subordinadas a ella.*¹⁰

Sin embargo, el capítulo retoma rápidamente aspectos más propios de la decoración, la ornamentación y las proporciones de los elementos de fachada en las edificaciones civiles y militares.

4. EPÍLOGO Y CONCLUSIÓN

En la Corona española el tratado de Belidor fue rápidamente asimilado tanto por los ingenieros militares a su servicio, como por uno de sus más importantes centros de formación: la Real Academia de Matemáticas de Barcelona, que operó en esta ciudad entre 1720 y 1803 y por la cual pasaron numerosos profesionales que habrían de servir en sus territorios peninsulares y de ultramar (Capel, 1988). En ella se destacan dos hechos importantes: por una parte, allí se impartió el llamado "Curso matemático" que incluyó un tratado dedicado a la arquitectura civil; por otro lado, uno de sus profesores, Miguel Sánchez Taramas (1769), preparó y publicó la que se considera la versión castellana del libro de Belidor.

¹⁰ *J'entends par la distribution l'usage qu'on doit faire d'un terrain dans lequel on peut élever un bâtiment. Cette partie de l'architecture peut être regardée comme la principale et la plus essentielle, toutes les autres lui étant subordonnées ...* p. 68, libro V.

El *Tratado 8, de la arquitectura civil*¹¹ estaba dividido en dos partes: una dedicada a la decoración y ornato de los edificios y la otra, a la firmeza y seguridad de los edificios. En la primera se advierte claramente la influencia de Belidor, en tanto desarrolla la teoría de los órdenes no sin analizar antes las partes principales que los componen: pedestal, columna y cornisón o entablamaneto, además de los tipos de molduras. Dedicó también un apartado a los ornatos que se suelen aplicar sobre los edificios: óvalos, hojas, frutas, trofeos, armas o escudos y trata ampliamente de las proporciones entre cada uno de ellos. La segunda parte está orientada a estudiar el comportamiento de los muros de contención y de los arcos y las bóvedas, también a la manera de lo explicado en *La Science des Ingénieurs*.

En cuanto al libro preparado por Miguel Sánchez Taramas, este se encuentra dividido en dos tomos de tal manera que el primero se exponen la teoría de los muros y de los arcos, la calidad de las maderas, así como el conocimiento de los materiales (piedras, ladrillos, cal, arena, terrazo, puzzolana, yeso, y modos de hacer morteros) y el modo de trazar una fortaleza sobre el terreno con una explicación adicional sobre la forma de llevar a cabo el cálculo de las obras. El segundo tomo recoge los principios de la arquitectura hidráulica, completando así una recopilación integral a la obra de Belidor, aunque desconociendo su particular visión de la arquitectura en tanto no incluye explicación alguna sobre los principios de la decoración y la distribución de los edificios.

Con la obra de Belidor se cierra entonces un período en el que los límites en el ejercicio del arquitecto y el ingeniero militar parecen ser difusos, dando paso a otro en el cual el número y la geometría han perdido su papel simbólico y son aceptados solo como herramienta de un conocimiento de carácter pre científico que progresivamente se irá haciendo más complejo. Mientras que al arquitecto se le reduce

¹¹ Manuscrito que se conserva en el Colegio de Arquitectos de Madrid - COAC, firmado por Juan de Boulligny y fechado en 1778.

al ámbito de la ornamentación y la decoración de las edificaciones, con el léxico del clasicismo como instrumento, el ingeniero es el encargado de interpretar la realidad de los hechos naturales, dando origen a una brecha que se consolidará en las décadas por venir.

Recebido em: 02/12/22 - aceito em: 25/01/2023

REFERENCIAS

Belidor, Bernard Forest (1725). *Nouveau Course de Mathematique*. Paris: Ch. A Jombert.

Biral, Alessandro y Morachiello, Paolo (1985). *Immagini dell'ingegnere tra quattro e settecento*. Milán: Ed. Franco Angeli.

Capel, Horacio (1988). *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares del siglo XVIII*. Barcelona: Serbal – CSIC

Collins, Peter (1970). *Los ideales de la arquitectura moderna: su evolución*. Madrid: Gustavo Gili.

Cruz, Pedro; Gámez, Manuel; López, Ignacio; Luengo, Pedro y Morales, Alfredo (2020). *Estrategia y propaganda. Arquitectura militar en el Caribe (1698-1748)*. Roma: L'Erma.

Francine, Alexandre (1630). *Livre d'architecture contenant plusieurs portiques de diferentes inventions, sur les cinq ordres de colomnes*. Paris: Tavernier.

Galindo, Jorge (2000). "La ciencia de los ingenieros ..." en la primera mitad del siglo XVIII. *Informes de la construcción*, 52(467); 47-54.

Gámez, Manuel (2022). *Ingeniería militar en el Nuevo Reino de Granada. Defensa, poder y sociedad en el Caribe sur (1739-1811)*. Madrid: Sílex.

Ginovart, Josep Lluís (2015). La mecánica ilustrada en los ingenieros militares españoles. El proyecto de los almacenes de pólvora (1715-1798). *Informes de la construcción*, 67(539); e103, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.14.109>.

González, José Luis (1993). *El legado oculto de Vitruvio*. Madrid: Alianza.

Le Muet, Pierre (1631). *Reigles des cinq ordre d'architecture de Vignolle*. Paris: M. Tavernier.

Marocci, Gina Veiga Pinheiro (2006). As Aulas de Engenharia Militar. A construção da profissão docente no Brasil. En *Anais do IV Congresso de História da Educação*. Goiânia: Universidade Católica de Goiás; s.p.

Marolois, Samuel (1614). *Opera mathematica*. Den-Haag: J. Janssonil.

Oliveira, Mario Mendonça (2004). *As fortificações portuguesas de Salvador quando Cabeça do Brasil*. Salvador-Bahia: Fundação Gregório de Mattos.

Ozaman, Jacques (1691). *Dictionnaire mathématique*. Amsterdam: Huguetan.

Pérez-Gómez, Alberto (1980). *La génesis y superación del funcionalismo en arquitectura*. México: Limusa.

Perrault, Charles (1683). *Ordonnance des cinq espèces de colonnes, selon la méthode des Anciens*. Paris: J.B. Coignard.

Rykwert, Joseph (1982). *Los primeros modernos. Los arquitectos del siglo XVII*. Madrid: Gustavo Gili.

Sánchez Taramas, Miguel (1769). *Tratado de fortificación*. Barcelona: T. Piferrer.

Silva, Danilo Corrêa; Plácido da Silva, João Carlos Riccó; Carneiro, Luciane do Prado; Plácido da Silva, José Carlos y Paschoarelli, Luis Carlos (2010). Contribuições científicas de Bernard Forest de Bélidor para o estudo e a organização do trabalho. En JCP Silva y LC Paschoarelli (Orgs.): *A evolução histórica da ergonomia no mundo e seus pioneiros*. São Paulo: Cultura Acadêmica.

Tosca, Vicente (1757). *Compendio matemático*. Valencia: Josep García.

Traetta, Luigi (2020). Bernard Forest de Bélidor: Engineer, Manualist and Machine Historian. *Advances in Historical Studies*, 9(70-83); doi: 10.4236/ahs.2020.92006.

Vignola, Gioacomo (1562). *Regola delli cinque ordini d'architettura*. Roma: s.i.