

Por: Dr. Arq. Mario Raúl Ramírez

Stat rosa pristina nomine, nomina nuda tenemus
Umberto Eco, El Nombre de la Rosa

La influencia de la Meccanica Problemata en la arquitectura de Joseph de Porres

The mechanical problems on the architecture of Joseph de Porres

Resumen

Estudio sobre las influencias teóricas, desde el punto de vista de la geometría como ciencia, y de la mecánica, en la arquitectura; aborda la continuidad del pensamiento helénico de la escuela peripatética en las traducciones y paráfrasis de los problemas de mecánica ó meccanica problemata de Aristóteles así como la presencia de estos conceptos en las bibliotecas conventuales de Santiago de los Caballeros de Guatemala; en la práctica del oficio a través de la geometría fabrorum, basada en regla y compás; y en la obra de Joseph de Porres, maestro mayor de arquitectura durante el último tercio del siglo XVII.

Abstract

Study of the theoretical influences, from the point of view of science of geometry and mechanics on architecture; considering the continuity of the helenic thinking of the peripatetic school on the translations and paraphrasis of the mechanical problems or meccanica problemata of Aritotele, as well as the presence of these concepts in the conventual libraries of Santiago de los Caballeros de Guatemala; on the architectural praxis through the geometría fabrorum, based on ruler and compass; and on the works of Joseph de Porres, master of architecture during the last third of the XVII century.

Artículo

Uno de los prejuicios más recurrentes en el estudio de la Uno de los prejuicios más recurrentes en el estudio de la arquitectura de Joseph de Porres en Santiago de los Caballeros de Guatemala, ha sido considerarla como ajena a las influencias teóricas y ciencia de su época, como si hubiera sido ésta una arquitectura, en manos de mestizos, un desarrollo espontáneo y provincial, sin mérito alguno, apartado del desarrollo general de la Nueva España.

Por ello, Joseph de Porres ha sido dejado al margen de importantes estudios como los de Annis, Markman, Luján, los cuales, aunque abundan en referencias a este autor, no se han concentrado en descubrir las características del mismo, su proceso de diseño o sus posibles referentes teóricos.

La mayoría de estudios se han concentrando más en las obras, como existentes por sí mismas - la catedral por ejemplo- es decir,

independientemente de su autor, o bien, consideran que el único mérito de Joseph de Porres sea haber sido el inicio de la escuela en la que se formaría Diego de Porres su hijo y sucesor como maestro mayor de Santiago de los Caballeros, aspecto éste que se remonta a la publicación de El arquitecto mayor, Diego de Porres de Luis Luján Muñoz en 1982, ya que Luján exalta a Diego y minimiza a Joseph, sobre una base puramente estilística.

Es claro, no obstante, que el camino para el estudio de Joseph de Porres debe alimentarse de los estudios mencionados, los cuales tienen el mérito de haber evidenciado la inexistencia de trabajos sobre este autor, al contrastarlo con la atención vertida sobre Diego de Porres, lo cual es un aliciente para contribuir a completar una ventana de la historia sobre la arquitectura en la capitania general de Guatemala, y que, paradójicamente, también contribuirá a la mejor comprensión de la obra de Diego de Porres.

El estudio de la obra de Joseph de Porres, entonces, debe incluir sus referentes teóricos y principales características, para lo cual se ha recurrido tanto al estudio de los restos de las obras de Joseph de Porres, como al estudio de fuentes documentales y pictóricas, entre ellas, ha sido de gran importancia la pintura de Antonio Ramírez sobre la construcción de la catedral de Santiago de los Caballeros de 1678, así como el relato de Gerónimo Betanzos, obrero mayor en dicha construcción, documentos que han sido estudiados con anterioridad desde un enfoque social pero que sin embargo, no han sido examinados bajo la lupa del proceso de diseño; lo que nos lleva a plantearnos ¿cómo pudo Joseph de Porres, mestizo de origen y formado en el oficio, traducir un programa eclesiástico tridentino en un programa arquitectónico clásico?

Para abordar tal estudio, se ha recurrido a un mapa conceptual que, partiendo del período helénico muestra los vínculos entre la antigüedad clásica y el pensamiento postridentino en Santiago de los Caballeros; presentando tres líneas concurrentes: la geometría, la arquitectura y la mecánica, en las cuales han sido identificados los principales referentes teóricos. En la mecánica el referente más antiguo es una obra menor, atribuida a la escuela peripatética, conocida como la Meccanica Problemata o problemas de mecánica, la cual muestra el mismo recurso al asombro característico de la escuela griega, recuperado luego en el seno del humanismo que llegaría hasta las bibliotecas conventuales, entre ellas, la de la Compañía de Jesús en Santiago de los Caballeros.

La mecánica se reveló como un recurso importante alrededor de la cual se desarrollaría la concepción misma del cosmos, ligado al dogma de la iglesia y a la concepción de un mundo geométrico

de lugares, en el cual la geometría era considerada una ciencia verdadera siendo la base de diversas disciplinas.

La teoría en los tratados de mecánica

A partir del mapa conceptual, las principales teorías encontradas que trataban de explicar la caída de los cuerpos, comportamiento de estructuras o de resistencia son el paradigma de la leva, la centrobárica y el gravitas secundum situm. El paradigma de la leva se origina en la escuela peripatética, es decir, en el período helénico, aunque no todos sus postulados son originales, considerándose que Aristóteles recoge la experiencia acumulada en este período y cuyos precursores serían Sócrates, Platón, Pitágoras, entre otros. Esta teoría se caracteriza por ser de tipo dinámico, no en sentido cinemático, concepto que en ese entonces no se había desarrollado, sino por una concepción geométrica basada en el movimiento del círculo, alrededor del cual se desarrolla una combinación de movimientos uno "natural" de tipo rectilíneo y terrestre, que contrasta con un movimiento "no natural" de tipo circular, asociado a los cielos. Adicionalmente, los cuerpos en reposo y los cuerpos en movimiento tendrán sus propias leyes, lo que se refleja hasta en los términos utilizados, por ejemplo, para un cuerpo en caída libre, es decir, bajo los efectos de la gravedad, se utilizara el término grave, el cual responderá a su tendencia a colocarse en su lugar "natural", lo más próximo al centro de la tierra, mientras que los proyectiles, u objetos arrojados de forma "violenta" desarrollaran un movimiento compuesto, primero de tipo rectilíneo, seguido de un arco circular, luego del cual inicia su caída verticalmente, para éstos, se utilizara el término pondus (peso).

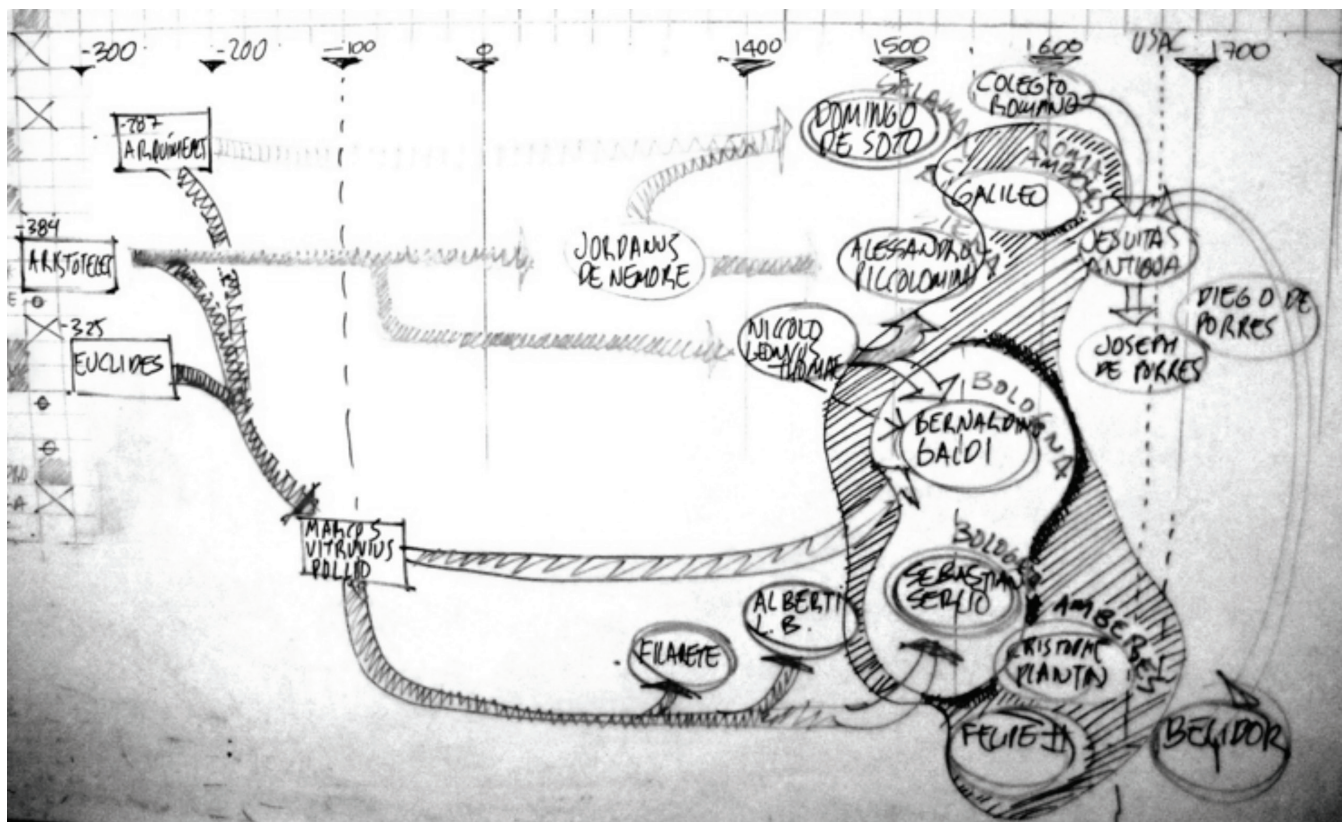


Ilustración 1 Mapa conceptual con las ramas de la tratadística en cuanto a la Mecánica, la Arquitectura y la Geometría (siglo III a.C. al siglo XVIII).

Sobre tales conceptos tratados acá brevemente, se construye o explican las máquinas simples, al estar presente el movimiento circular. Es oportuno indicar que al partir de la filosofía natural, el objetivo de esta teoría no es el de producir aplicaciones prácticas, sino más bien de buscar las causas de los fenómenos. También se debe acotar que aunque Aristóteles dedica un libro especial a la física, esta última no corresponde con la concepción actual de la misma, estando más bien ligada a la filosofía natural, al descubrimiento a través del intelecto de las causas de los fenómenos. Contrastando el paradigma de la leva, la teoría de centrobárica, basada en el equilibrio estático, es producto de la mente de un matemático, en época helenística, nos referimos a Arquímedes, el cual, siendo matemático, organizó un sistema de pensamiento de tipo axiomático y lógico, con proposiciones y postulados. El esquema básico de esta teoría a limine, se reduce a considerar, aunque parezca obvio, que dos pesos iguales,

suspendidos de una balanza y colocados a una distancia igual del centro de apoyo estarán en equilibrio, proposición que Arquímedes no demuestra, por ser "evidente".

El modo de pensamiento de Arquímedes es de particular importancia, ya que, a partir de una forma "mecánica", es decir, considerada por los griegos de menor jerarquía que el intelecto, llega a conclusiones y descubrimientos importantes. A partir del trabajo de Arquímedes se desarrollará a la moderna concepción de los centros de gravedad, que está presente en varios tratados del Renacimiento y posteriores, entre los cuales cabe destacar a Juan Bautista Villalpando y Milliet Deschalles quienes también escriben sobre arquitectura, ambos son importantes en el presente estudio ya que formaron parte de la Compañía de Jesús. Desafortunadamente, aunque la aproximación de Arquímedes era más cercana a lograr una explicación de los fenómenos, la tradición e influencia de Aristóteles hizo que por cerca de 2000 años, se privilegiara la explicación aportada por el paradigma de la leva y aunque existían diferencias, las mismas eran ignoradas o minimizadas. Finalmente, la gravitas secundum situm derivada de las anteriores es una mezcla de proposiciones, confusiones e interpretaciones de Aristóteles, lo que Pierre Duhem¹ identifica con los autores de ponderibus, con Jordanus de Nemore a la cabeza, el giro de esta corriente se basa en la llamada teoría del ímpetus, concepto que atribuía una cierta propiedad a los objetos en movimiento al ser lanzados, lo que contrasta con la concepción aristotélica del motor conjunctus.

Los problemas estudiados por la teoría de la mecánica

Entre los problemas estudiados por las teorías de la mecánica en el período estudiado se encuentran:

- el problema de la caída y elevación de los graves,
- el problema de la flotación de los cuerpos,
- el problema de la resistencia de una viga sujeta a carga,
- el problema de la resistencia de un muro sujeto a carga,
- el problema del tiro en piezas de artillería

En la solución de estos problemas, es usual el recurso a la geometría tanto como lógica formal y como medio de comprobación, durante la edad media y primer Renacimiento, las principales teorías tienen en común el partir de Aristóteles, dado que inclusive Galileo estudió los problemas de mecánica de Aristóteles en su juventud, antes de realizar sus experimentos y aún dentro de ellos el lenguaje que utiliza denota su contacto con la escolástica.

La mecánica de Aristóteles siguió un recorrido análogo a la arquitectura de Vitruvio, siendo inicialmente transcrita en griego por Nicolo Leonico Thomae, traducida por Diego Hurtado de Mendoza y luego vertida en paráfrasis por Alessandro Piccolomini y Bernardino Baldi, entre otros.

Baldi y el Humanismo:

Abate de Guastalla², se destacó por sus amplios conocimientos de lenguas extranjeras (alrededor de 16), lo que permitió la lectura de múltiples textos clásicos. Mantuvo correspondencia con los principales referentes científicos de su época, entre ellos, Clavius, Carlos Borromeo, además de su maestro, Federico Commandino. Su principal obra en el ramo de la Arquitectura y de la Mecánica aplicada a la misma es su *In Mechanica Aristotelis Problemata Exercitationes*. Baldi también escribe otros libros, como la *Vida de los matemáticos*, ya que, según explica, era tan importante para él destacar el trabajo de aquellos como el de los artistas o filósofos, participando entonces en el esfuerzo humanista de la época iniciado por su maestro, Federico Commandino.

Baldi es de los últimos comentaristas de Aristóteles, en un intento de unir los conceptos del Estagirita con la *Scientia de Ponderibus*, mostrando un lento proceso de cambio desde un modelo de análisis geométrico hacia uno basado en la Resistencia de Materiales, o nueva ciencia, como le llamara más adelante Galileo, iniciando el análisis de la estática del cuerpo rígido, la cual, en el mismo verso, se definía en un modelo geométrico. Ahora bien, Baldi, influido por el espíritu humanista, explora tanto a Vitruvio, como a Aristóteles, en ello radica su importancia.

"La obra de Baldi, si bien no se desarrolla en el more geométrico, según la tradición arquimedea, no utiliza menos en modo extenso la geometría, la cual había ejercitado en el estudio de Federico Comandino (1509?-1575), Los tratados de arquitectura antes de Baldi se refieren, esencialmente a Vitruvio, cuyos criterios de dimensionamiento están dictados por consideraciones de armonía... Se trata de un texto de mecánica aplicada que... afronta de un modo sistemático los problemas principales relativos al dimensionamiento de una construcción civil... la obra se puede dividir en dos partes... vigas y pilastras...luego bóvedas en la segunda parte..."³

El more geométrico, conocida expresión del trabajo de Spinoza (1632-1677)⁴, identifica un modo de tratar los problemas "en el estilo de la geometría", haciendo referencia al sistema de postulados y teoremas de los Elementos de Euclides, solo que aplicado a otros ámbitos científicos.

¹ Duhem, Pierre, *Les Origines de la Statique*, tomo I, Librairie Scientifique A. Hermann, Paris, 1905, edición facsímil Internet Archive, University of Toronto, 2009.

² Nenci, Elio (coordinador) Bernardino Baldi, *In Mechanica Aristotelis Problemata Exercitationes*, Ed. Franco Angelli, Milan, 2010.

³ Capecechi, Danilo, Immacolata Bergamasco, Bernardino Baldi, *le strutture civili in Mechanica Aristotelis Problemata exercitationes*, en revista *Contaminazioni culturali*, dottorato di ricerca in riqualificazione e recupero insediativo, Sapienza, Università di Roma, Palombi Editori, Roma, 2005, p. 125-126.

⁴ Ética demostrada según el orden geométrico.

Baldi y la Meccanica Problemata:

Nenci, ha identificado que Baldi tuvo conocimiento del trabajo de Villalpando lo que se demuestra en el tratamiento de la cuestión 30 de Baldi y la explicación de Villalpando⁵. En este sentido, ambos (Villalpando y Baldi) muestran la influencia del pensamiento de Arquímedes, en cuanto al centro de gravedad, un concepto no aristotélico, ejemplificado por el desplazamiento del centro de gravedad de un hombre cuando se inclina.

Baldi y el Paradigma de la leva

Baldi y el Paradigma de la leva

La definición de Baldi sobre la mecánica es la siguiente: "La mecánica es la disciplina que, usando demostraciones naturales, materiales y geométricas derivadas de la teoría del equilibrio y las máquinas producidas a partir de dicha teoría que pueden ser reducidas a la leva y a la balanza".⁶

Baldi utiliza el paradigma de la leva, el cual, no obstante comienza a dar dificultades como modelo explicativo, ya que en la leva tradicionalmente se distinguen una potencia (generalmente pensada como fuerza muscular) un fulcro, y una resistencia (generalmente un peso). Debemos tomar en cuenta que al aplicar este modelo a un edificio, en el interior del mismo ya que no existen "fuerzas" (entendidas como fuerza muscular) sino solo pesos. La estática, entonces es más bien una ciencia de los pesos que levantan o son levantados, de forma análoga, es difícil también hablar de fulcro, este viene adivinado dentro de la estructura.⁷ Estos conceptos estarán presentes en tratados posteriores, un caso que ilustra estos conceptos es la edición de Vignola del siglo XVIII, que incluye un tratado de mecánica, el cual utiliza extensamente el principio de la leva:

El oficio del arquitecto, de la geometría fabrorum a los libros

La influencia del helenismo, en cuanto a su concepción geométrica del razonamiento, perduraría hasta el final de la edad media. En este espacio no es posible analizar todas las variantes, influencias, avances y retrocesos que se vivieron en Europa en cuanto a la geometría como teoría o a la geometría como mecánica. No obstante sí es necesario acotar que, la geometría euclidiana, marcó un hito en la historia, un modo particular, una lógica de razonamiento basada en postulados y teoremas "verdaderos".

Estos postulados, ciertamente, son verdaderos en un sistema lógico dado; la dificultad para los griegos y sus sucesores, fue no darse cuenta de que podrían existir otras geometrías verdaderas en tantos sistemas lógicos como puedan crearse, lo que sucedería hasta después del Renacimiento, con la aparición de las geometrías no euclidianas. Es, así mismo, oportuno acotar que la matemática, como las conocemos hoy no correspondía a los estudios que se realizaban. Tomemos en cuenta que en una estructura piramidal con la filosofía en el vértice, estaba precedida por el llamado quadrivium que de acuerdo con Tartaglia consistía

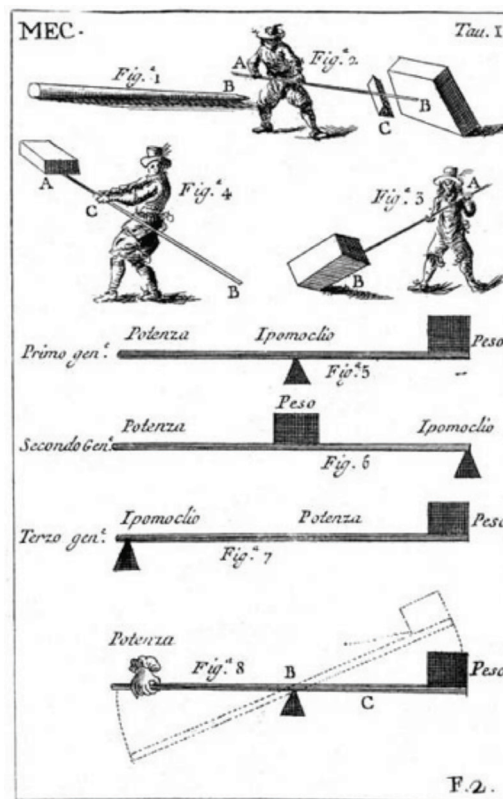


Ilustración 2 La leva de Aristóteles en una versión de Vignola

en música, geometría, aritmética y astronomía, en ocasiones se incluía también la perspectiva.^{8, 9}

Es pues un lugar preponderante en cuanto a la forma de pensar, a la estructura lógica o más bien dialógica de concebir la matemática, ya que Tartaglia las reduce a dos, considerándose la geometría una actividad más ligada a la matemática que al mero dibujo. Es tal la importancia que se le atribuye, que la geometría teórica estará enfocada en la verdad geométrica, siendo la construcción de la geometría euclidiana de este tipo, basada en postulados, teoremas y demostraciones, o como indica Tartaglia, el puro cibo della vita intelletuale, es decir, el alimento y sustento de la vida intelectual.¹⁰

Ahora bien, el impacto en la arquitectura estriba en que los edificios se pensaban de un modo geométrico, donde la medida tenía menor importancia en la definición de los esquemas reguladores o trazos armónicos; así como los conocimientos geométricos: el uso de regla y compás, adquiriría una importancia, como una "verdad" científica.¹¹

⁵ Villalpando, Juan Bautista, In Ezequiel Explanaciones et Apparatus Urbis ac Templi Hierosolymitani, Roma, 1605.

⁶ Laird, W. R. The Scope of Renaissance Mechanics, University of Pennsylvania, 1986, p 57

⁷ Capelli, Danilo, op. cit., p. 125-26.

⁸ Tartalea, Nicolo, traductor, Euclide Megarense, versión en vulgar, 1572, en el prefacio.

⁹ Tartaglia recoge la tradición medieval, cuyas fuentes primarias se remontan a Boecio y Marciano Capella.

¹⁰ Tartalea, Nicolo, op. cit. Fol. II v, el subrayado es nuestro.

¹¹ Ruiz de la Rosa, José Antonio, Fuentes para el estudio de la geometría fabrorum. Análisis de documentos, Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz, 27-29 enero 2005, ed. S. Huerta, Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT Cádiz, 2005, el subrayado es nuestro.

El arquitecto, entonces, era un geómetra, que sabía las reglas de composición basadas en el módulo de Vitruvio, donde Dios era el gran geómetra.

En este contexto, se desarrollan los talleres o cofradías, herencia romana que pasaría a la edad media. Estos talleres o gremios establecieron un conjunto de conocimientos denominados geometría fabrorum;¹³ esta geometría, se basaba en prácticas, en relaciones geométricas de fácil aplicación y que, en general, no requerían de complicados cálculos aritméticos y matemáticos. Es notoria la intención de recurrir a números enteros o fracciones conocidas, evitando el uso de números irracionales, ya que su cálculo era difícil, en parte porque aunque la cultura árabe introdujo los caracteres decimales, su uso no estaba difundido y los cálculos, cuando existían, se realizaban con números romanos;¹⁴ por otro lado la concepción de la geometría como solucionadora de problemas, es decir, lo que ahora se resolvería en términos matemáticos, en ese entonces se planteaba en términos geométricos,^{15, 16}

Ad quadratum – Ad triangulum – Ad circulum

Estos términos refieren a esquemas o modos de composición aparecen ya en el tratado de Vitruvio, quien nos comenta, sobre los esquemas ad-quadratum, ad triangulum, ad circulum, en el caso de un teatro. Ahora bien, durante la edad media, estos esquemas han sufrido una lenta evolución, incorporando el esquema de planta basilical romana, a la liturgia y programa eclesiástico de la iglesia, se basaban en la figura de Cristo crucificado visto en planta, a partir de trazos basados en el cuadrado y el círculo.¹⁷

Los cambios que se sucedieron del medioevo, caracterizado por la Geometría Fabrorum, hacia el Renacimiento, influyeron en la forma en que se ejercía la arquitectura; por un lado había más textos a disposición, algunos en lenguas vernáculas, por otro, se desarrollaron nuevos instrumentos, modelos, maquetas, reglas graduadas; este proceso tiene una primera fase durante el siglo XV y XVI, donde la recuperación de los textos en latín y griego fue trasladada a lenguas romances.

Estos sistemas de proporción se transmitían por tradición oral, en la ya mencionada Geometría fabrorum, ejemplos de ello se encuentran también en época renacentista, en el tratado manuscrito del quattrociento de Francesco di Giorgio Martini, catalogado como II.I.141 del Fondo Nazionale, albergado en la Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze (BNCF)



Ilustración 3 Dios Geómetra 12

Joseph de Porres y los problemas de mecánica

Joseph de Porres no se forma en la academia, se forma en el oficio y comparte una serie de conocimientos prácticos ligados a su oficio que incluían principios geométricos y de representación, es decir, de geometría fabrorum. Trazas de este tipo de geometría se encuentran en la obra de Joseph de Porres, de hecho, Joseph se revela como un arquitecto conocedor de la geometría, la cual aplica rigurosamente, reflejando en arquitectura el more geométrico antes citado, así como las pretensiones de la iglesia derivadas del concilio de Trento, en cuanto a la decencia y decoro en edificaciones religiosas y que sintetizara Carlos Borromeo en sus instrucciones¹⁸.

La importancia de los problemas de mecánica citados al inicio del presente artículo residen en dos aspectos fundamentales, primero, identificar la base geométrica sobre la que descansa un sistema de lugares de importancia simbólica más que estructural.

¹² Vienna, Osterreichische Nationalbibliothek, 2554, fol. 1, Bible Moralisee, Reims, c. 1250, citado por: McCague, Hugh, A mathematical look at a Medieval Cathedral York University, consultado en línea, <http://www.maa.org/news/Horizons-April03-McCague.pdf>, marzo 2011.

¹³ La geometría fabrorum es una expresión en latín, literalmente significa geometría de los artífices y por extensión, geometría de los artesanos y canteros en los edificios, orum, es una extensión del acusativo en latín del sustantivo faber que quiere decir "de las, de los".

¹⁴ Imaginemos realizar el cálculo de una raíz cuadrada o cúbica empleando números romanos.

¹⁵ Ruiz de la Rosa, José, op. cit., p. 1003.

¹⁶ Véase también, Hoyrup, Jens, The rare traces of constructional procedures in "practical geometries", contribution to the workshop Creating Shapes, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin, December 7-9, 2006, p. 1.

¹⁷ Durando de Mende afirma que la iglesia debe corresponder con la imagen de un hombre acostado con los brazos abiertos, véase Crippa, Maria Antonietta, La croce forma e sostanza delle planimetrie delle antiche basiliche "Con la consapevolezza di essere un solo corpo". Da "L'Osservatore Romano" del 9 febbraio 2011. Testo a sua volta ripreso dal volume di più autori: "Gesù. Il corpo, il volto nell'arte", Silvana Editoriale, Milano, 2010, consultado en línea <http://chiesa.espresso.repubblica.it/articolo/1346681>, noviembre de 2011.

¹⁸ Borromeo, Carlos, Instrucciones de la Fábrica y del Ajuar Eclesiásticos, Introducción, traducción y notas de Bulmaro Reyes Coria, Nota Preliminar de Elena Isabel Estrada Gerlero, universidad Nacional Autónoma de México, Imprenta Universitaria, 1985

Segundo, mostrar la importancia de la regla y compás tanto en la explicación de los fenómenos como en su traducción en elementos arquitectónicos, ligados todos al movimiento circular.

Porres muestra el conocimiento de estos principios desde sus primeras obras, las cuales madura al volverse maestro mayor de la Catedral de Santiago de los Caballeros de Guatemala y que continúa en Santa Teresa y la Compañía de Jesús, en los cuales es posible identificar un sistema de modulación que no habría sido posible encontrar sin contar con el andamiaje conceptual aportado por la mecánica, proveyendo de claves que permiten una nueva lectura de la arquitectura de la Antigua Guatemala, que tome en cuenta tanto aspectos estilísticos como también, la concepción del mundo o ciencia de la época y que tome en cuenta también el cambio en el tiempo de las fronteras entre las diversas disciplinas, ya reconocido por los historiadores de la ciencia pero largamente olvidado en arquitectura.

REFERENCIAS

Ammerlink, María Concepción, *Las catedrales de Santiago de Los Caballeros de Guatemala*, universidad Nacional Autónoma de México, México, 1981

Borromeo, Carlos, *Instrucciones de la Fábrica y del Ajuar Eclesiásticos*, Introducción, traducción y notas de Bulmaro Reyes Coria, Nota Preliminar de Elena Isabel Estrada Gerlero, universidad Nacional Autónoma de México, Imprenta Universitaria, 1985

Capecchi, Danilo, Immacolata Bergamasco, Bernardino Baldi, *le strutture civili in Mechanica Aristotelis Problemata exercitationes*, en revista *Contaminazioni culturali, dottorato di ricerca in riquilificazione e recupero insediativo*, Sapienza, Università di Roma, Palombi Editori, Roma, 2005.

Duhem, Pierre, *Les Origines de la Statique*, tomo I, Librairie Scientifique A. Hermann, Paris, 1905, edición facsímil Internet Archive, University of Toronto, 2009.

Hoyrup, Jens, *The rare traces of constructional procedures in "practical geometries"*, contribution to the workshop *Creating Shapes*, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin, December 7-9, 2006.

Laird, W. R. *The Scope of Renaissance Mechanics*, University of Pennsylvania, 1986

Luján Muñoz, Luis, *El Arquitecto Mayor Diego de Porres*, Editorial Universitaria, Guatemala, 2009.

Nenci, Elio (coordinador) Bernardino Baldi, *In Mechanica Aristotelis Problemata Exercitationes*, Ed. Franco Angelli, Milan, 2010.

Ruiz de la Rosa, José Antonio, *Fuentes para el estudio de la geometría fabrorum. Análisis de documentos*, Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz, 27-29 enero 2005, ed. S. Huerta, Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT Cádiz, 2005, el subrayado es nuestro.

Tartalea, Nicolo, traductor, *Euclide Megarense*, versión en vulgar, 1572.

Villalpando, Juan Bautista, *In Ezequiel Explanaciones et Apparatus Urbis ac Templi Hierosolymitani*, Roma, 1605.