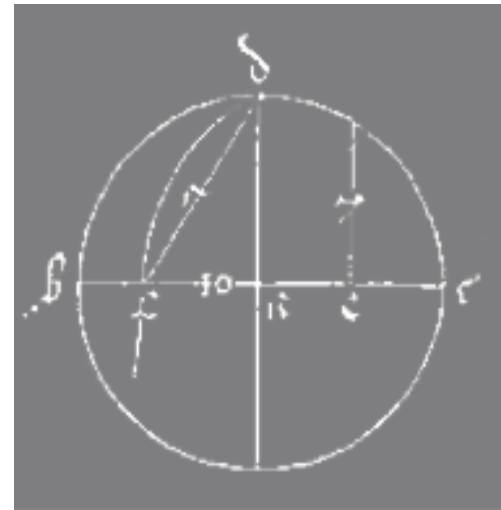


II PARTE: LA ARQUITECTURA

CAPÍTULO V  
FUNDAMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA  
CONSTRUCCIÓN MEDIEVAL



**II PARTE** **CAPITULO V**  
**LA ARQUITECTURA** **FUNDAMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA CONSTRUCCIÓN MEDIEVAL**

---

LA GEOMETRÍA	155
Antecedentes	155
Orígenes	156
Los dibujos y sus características	161
Técnicas y herramientas gráficas	163
Los polígonos y su construcción	165
El cuadrado	167
El triángulo	168
El pentágono y el decágono	169
Circunferencia	173
Simbolismo del número	174
LA PROPORCIÓN	176
Introducción	176
Historia	179
Tratados	184
La proporción áurea. El número de oro	188
Metrología	190
LOS TRAZADOS	194

# CAPITULO V

## FUNDAMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA CONSTRUCCIÓN MEDIEVAL

### LA GEOMETRÍA

#### Antecedentes

El hombre siempre ha tratado de encontrar el secreto de la belleza; a lo largo de la historia eruditos e investigadores han intentado regularlo mediante fórmulas matemáticas en todos los ámbitos del arte incluido el de la arquitectura. Según Bruno Zevi<sup>1</sup>, es fácil pasar de una ciencia de lo bello a una ley de lo bello, y también menciona que la *interpretación geométrico-matemática* ha dado lugar a todas las elucubraciones de Viollet-le-Duc, Thiersch, Zeising y Ghyka<sup>2</sup>. Recurrir a ellas es para algunos una equivocación, y sin embargo parece razonable pensar, como expresa Scholfield, que pueden

*“existir determinadas reglas o sistemas de composición que si no producen de forma sistemática la belleza de por sí, sí ayudan al diseñador a no equivocarse demasiado, y que el sentido romántico de confiar exclusivamente en la intuición y el sentimiento era un tremendo error que de modo notable se ha hecho sentir en determinadas épocas”<sup>3</sup>*

En este sentido es destacable la opinión de Ruiz de la Rosa en la que manifiesta: “Las matemáticas y la representación gráfica han sido históricamente las que han suministrado los instrumentos para el control previo de la forma, que en cada época han sido parte esencial del proceso de diseño arquitectónico”<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> ZEVI, B. *Saber ver la Arquitectura*. Poseidón. Buenos Aires, 1951, pp. 128-130. Defiende que los autores más sensatos se limitan a comprobar la geometría latente en muchas composiciones arquitectónicas, pero que otros, en nombre de "armonías espaciales, cósmicas y nucleares" se empeñan en largas disquisiciones sobre triángulos egipcios, sección áurea, combinaciones euclidianas de acordes, módulos analógicos, sobre las más abstrusas interpolaciones y sobre la simetría dinámica.

<sup>2</sup> No se han de olvidar las reflexiones que sobre estos aspectos realizan, entre otros, los tratadistas del siglo XVI y algunos estudiosos del XIX, XX como Hambidge, Lund y Moessel.

<sup>3</sup> SCHOLFIELD, P. H. *Teoría de la proporción en arquitectura*. Ed. Labor. Barcelona, 1971, en el prólogo de Luis Recasens.

<sup>4</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Traza y Simetría de la Arquitectura en la Antigüedad y el Medievo*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, 1987, p. 18.



1

1.- Representación medieval que recoge la aplicación de la geometría a su oficio. *De septem artibus liberalibus*, manuscrito de la segunda mitad del siglo XV. Londres: British Museum. Fuente: *Análisis gráfico y representación geométrica*.



2

Desde la antigüedad existen referencias que confirman la búsqueda y aplicación de fórmulas que permitan conseguir proporciones armoniosas en las composiciones arquitectónicas aunque no es finalidad de esta investigación la mención o el estudio de todos aquellos que, a lo largo de la historia, han reflexionado sobre sistemas de proporción y medios de control utilizados por los arquitectos, aunque sí señalaremos brevemente aquellas teorías más significativas y su trascendencia en la época bajomedieval. Consideraremos como premisa que la traza gótica basa su existencia en la geometría, que es “el verdadero principio de su orden y de su cohesión estética”<sup>5</sup>. Geometría, simetría y proporción encuentran en las catedrales góticas un perfecto acoplamiento y, esta realidad se produce también -esa es nuestra hipótesis- en las iglesias de menor dimensión como las recogidas en este estudio.

## Orígenes

Egipto y Babilonia -tercer milenio a. de C.- son los lugares donde se encuentra por primera vez un orden matemático riguroso, pero es en Grecia donde las matemáticas se convierten en una ciencia teórica, y son los griegos los primeros que intentan interpretar la naturaleza del universo en términos matemáticos<sup>6</sup>.

Con Pitágoras y su teorema, la ciencia de los números alcanza su mayor proyección hasta que aparece el concepto de número irracional, incalculable y que está presente en la geometría plana de regla y compás -en las figuras geométricas más simples y en los polígonos regulares-, y en la geometría del espacio en los poliedros regulares<sup>7</sup>. Esta geometría puede considerarse iniciada por Tales de Mileto, que es el primero que utiliza conceptos como *relación* y *proporción*, tan unidos a la arquitectura, y que enuncia también Platón en su obra “*Timeo*”<sup>8</sup>:

---

<sup>5</sup> SIMSON, O. G. von. *La catedral gótica*. Alianza Editorial. Madrid, 1982, p. 30. El autor señala igualmente que es también el medio a través del cual el arquitecto expresaba una imagen de las fuerzas estructurales reunidas en su edificio.

<sup>6</sup> WITTKOWER, R. *Los fundamentos de la arquitectura de la edad del humanismo*. Alianza Editorial. Barcelona, 1995, p.209. El autor señala en este apartado que en Egipto y Babilonia “El liderazgo intelectual estaba en manos de los sacerdotes. Ellos eran quienes regulaban los ritos, rituales y ceremonias, y los edificios sagrados tenían que adecuarse a las reglas por ellos trazadas. Todo el arte de la época era arte sacro, y reflejaba o se hacía eco de un orden cósmico del que los sacerdotes eran guardianes e intérpretes”. Esta circunstancia se repite de manera constante a lo largo de la historia y por tanto también en la Edad Media.

<sup>7</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. De Geometría y Arquitectura. *RA. Revista de Arquitectura* n° 3. EUNSA 1999, pp. 22-32, p. 22.

<sup>8</sup> Ensayo sobre cosmología racional influido por las matemáticas pitagóricas. Véase REALE, G. *Por una nueva interpretación de Platón*. Herder. Barcelona, 2003, capítulo décimo y apéndice al capítulo, pp. 267-312.

2.- Imagen de San Isidoro de Sevilla (569-636).  
Pintura de Bartolomé Esteban Murillo (1618-1682.)

“Pero es imposible combinar dos cosas sin una tercera: es preciso que exista entre ellas un vínculo que las una. No hay mejor vínculo que el que hace de sí mismo y de las cosas que une un tono único e idéntico. Ahora bien, tal es la naturaleza de la proporción...”<sup>9</sup>

Después del Imperio de Roma coexisten dos líneas de conocimiento matemático independientes, el científico y el de los artesanos y constructores. Esta independencia no impide, sin embargo, que existan contactos y aportaciones mutuas, y que estas ejerzan cierta influencia en la arquitectura de cada época medieval. En esta etapa de reducidas aportaciones científicas, la denominada *geometría fabrorum* –utilizada y desarrollada por los talleres de artesanos y constructores- se mantiene como geometría de regla y compás que se transmite de manera asistemática y de forma fragmentaria mediante la tradición oral dentro de los gremios y los oficios”<sup>10</sup>. El mantenimiento y la transmisión de la tradición científica en la Alta Edad Media se debe, entre otros personajes, a Boecio (480-525), Casiodoro (490-583) e Isidoro (570-636)<sup>11</sup> (fig. 2). Sus trabajos, esencialmente teóricos, consideran el número como fundamento de todas las cosas y las proporciones como fundamento de la belleza y de la armonía<sup>12</sup>, y están alejados de las aplicaciones de los oficios.

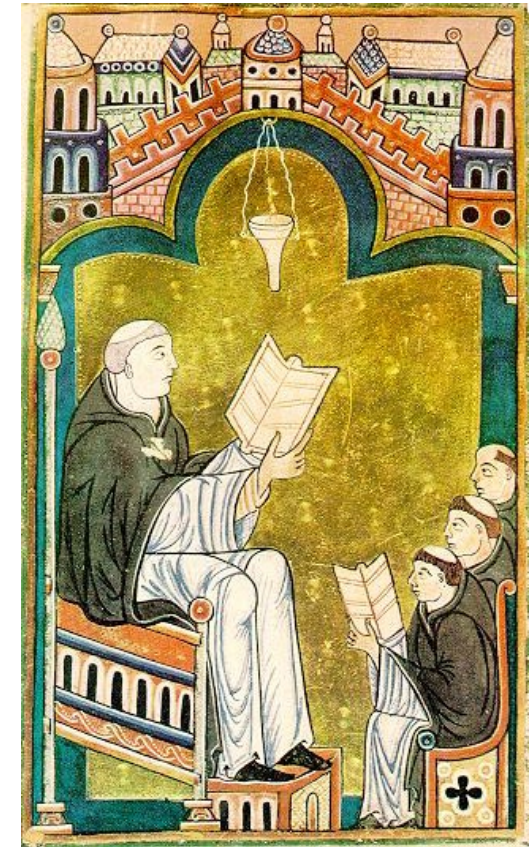
Entre los siglos VIII y XI se produce un notable incremento de las construcciones de carácter religioso, especialmente de monasterios benedictinos. Esta circunstancia favorece que se reagrupen los talleres de albañiles y canteros en auténticas escuelas de arquitectura que dirigen los benedictinos. En ellas se forman monjes-arquitectos, sus maestros albañiles y sus compañeros talladores de piedras, que recuperan y continúan la antigua tradición, con viajes de aprendizaje y desplazamientos individuales, de equipos o de canterías enteras de constructores, para la ejecución de nuevos conjuntos conventuales. De modo similar creemos que deben existir en época bajomedieval frailes-arquitectos cuya formación o conocimientos científicos y las bases teóricas que utilizan son también estudiadas por ilustres franciscanos y dominicos. Esto nos hace suponer su participación en la definición de los trazados de sus iglesias y conjuntos conventuales, como promotores, arquitectos o maestros miembros de la orden. Son estos y sus discípulos los que, como expone Ghyka:

<sup>9</sup> Texto extraído de GHYKA, M.C. *Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes*. Poseidón. Barcelona, 1983, p. 24.

<sup>10</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A.: *Traza y simetría de la Arquitectura...* Op. cit. Véase del mismo autor *De Geometría y Arquitectura* Op. cit., p.25.

<sup>11</sup> A partir de Boecio y Casiodoro, los medievales eran perfecta y prácticamente conscientes de la distinción entre saber orientado hacia el conocimiento puro y el saber hacer dirigido hacia la creación de formas. Véase BRUYNE, E. de. *La estética de la Edad Media*. Visor. Madrid, 1987, p.47.

<sup>12</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A.: *Traza y Simetría de la Arquitectura...* Op. cit., pp. 195-196.



3

3.- Miniatura que representa al teólogo cristiano Hugo de San Víctor (1096-1141). Fuente: Bild Hugostv.



4

4.- Portada de la primera edición española de los Elementos realizada en Sevilla en 1576, texto básico para el desarrollo y aplicación de la geometría en la Edad Media Fuente: *Euclides. La fuerza del razonamiento matemático*.

*“(...)no solo conservaron o descubrieron los textos matemáticos de la antigüedad griega o alejandrina que han llegado a nosotros, así como el tratado de Vitruvio, sino que nos transmitieron de un modo muy especial la mística pitagórica de los números, y la geometría de los sólidos platónicos y de sus correlaciones armónicas”<sup>13</sup>.*

El hecho de que los textos de los geómetras griegos se conserven y copien en las abadías benedictinas confirma que existe una transmisión ininterrumpida de estos conocimientos. Lund, como indica Ghyka, establece la existencia de una transmisión continuada -aunque por medio de un número muy reducido de iniciados- del esoterismo matemático platónico y neo-platónico, y en particular de los trazados inspirados en el pentagrama y la sección áurea<sup>14</sup>. Se confirmaría también la transmisión del concepto de estética de la arquitectura -basado fundamentalmente en nociones geométricas, de simetría y proporción entre las diversas partes que integran un conjunto arquitectónico- que desde Platón y más tarde Vitruvio, estudian y reelaboran los Padres de la Iglesia y los pensadores medievales.

Kostof, entre otros autores, plantea que en ningún momento se pierde el contacto con las prácticas romanas y que el tratado de Vitruvio sigue utilizándose como libro de consulta:

*“(...) es erróneo afirmar que (...), las reglas en las que tanto y de forma tan pedante insistía Vitruvio, no interesaron a la Edad Media. Los cinco órdenes, seguramente, habían perdido validez como paradigmas. (...). Del mismo modo, los conceptos vitruvianos de Eúritmia y Simetría parecen haber sido tenidos en cuenta en el diseño de una serie de edificios medievales famosos. Hay evidencias de que Vitruvio no estaba totalmente ausente de los estudios geométricos en las escuelas monásticas, cuando estas empezaron a marchar con normalidad”<sup>15</sup>.*

<sup>13</sup> GHYKA, M. C. *el número de oro II. Los ritos*. Ed. Poseidón. Barcelona, 1972, p. 51. Véase también GHYKA, M. C. *Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes*. Ed. Poseidón. Barcelona, 1983, pp. 212-213. En ellas incluyen y conservan los comentarios que realizan Boecio y Casiodoro.

<sup>14</sup> GHYKA, M. C. *Estética de las proporciones...* Op. cit. p. 218. Es posible que los arquitectos de la Edad Media aplicasen esta mística geométrica a los planos y trazados de las catedrales. De modo similar -ajustada a la escala de los edificios-, debe haber sucedido con los trazados de templos franciscanos objeto de estudio.

<sup>15</sup> Como recoge NAVARRO FAJARDO, J. C. *Bóvedas Valencianas de Crucería de los siglos XIV al XV. Traza y Montea*. Tesis doctoral. Universitat de Valencia, 2004, nota 68, p. 36. La bibliografía sobre este tema es muy abundante; destaca KOSTOF, S. *El arquitecto. Historia de una profesión*. Cátedra. Madrid. 1984, Op. cit., p.74. De modo parecido opina CASTRO, A. *Hª de la construcción medieval*. Edicions U.P.C., Barcelona, 1996; p. 73, que cita a CERVERA, L. *El Códice de Vitruvio hasta sus primeras Versiones Impresas*. Instituto de España, Madrid, 1978, donde se recoge la presencia de Vitruvio en la Edad Media.

Como expone Fajardo, la continuidad con la tradición vitruviana por un lado y la importancia de la numerología por otro, hacen que “el diseño arquitectónico de la Edad Media se base en conceptos de pura geometría”, en los que se conjugan la modulación y la proporción dentro de unas relaciones que, en ocasiones, están mezcladas con claves simbólicas<sup>16</sup>.

En la península ibérica la cultura islámica tiene un papel determinante en la recuperación de conocimientos del mundo clásico. La ciencia musulmana maneja sencillos métodos geométricos que son utilizados más tarde en la arquitectura gótica. Queda constancia de la importante aportación de la cultura geométrica musulmana en los siglos XII y XIII con la traducción de numerosos textos de carácter científico, como señala Bechmann:

*“Los siglos XII y XIII fueron una época privilegiada para la difusión de conocimientos, sobre todo de geometría y matemáticas, gracias a las obras transmitidas por los musulmanes, a la explotación de las bibliotecas bizantinas tras la toma de Constantinopla por los cruzados en 1204, y por último a la ‘cruzada’ contra los albigenses (1209-1299) que puso en contacto a los francos del Norte con la civilización meridional enriquecida por sus relaciones con España y los estados musulmanes de la Península”<sup>17</sup>.*

Destaca sobre todas ellas la traducción del árabe al latín de los *Elementos de Euclides*<sup>18</sup>, texto básico para el desarrollo y aplicación de la geometría en la Edad Media.

De lo expuesto parece desprenderse que los conocimientos geométricos de los maestros árabes y cristianos de la Edad Media no tienen el carácter rudimentario y empírico que sugiere la ausencia de planos y de comentarios referentes a las construcciones de este período, “cuyo éxito estético y técnico presentaba por este hecho la apariencia de un milagro felizmente repetido”<sup>19</sup>. Entendemos que en la arquitectura islámica, que emplea de manera sistemática las formas geométricas<sup>20</sup>, se

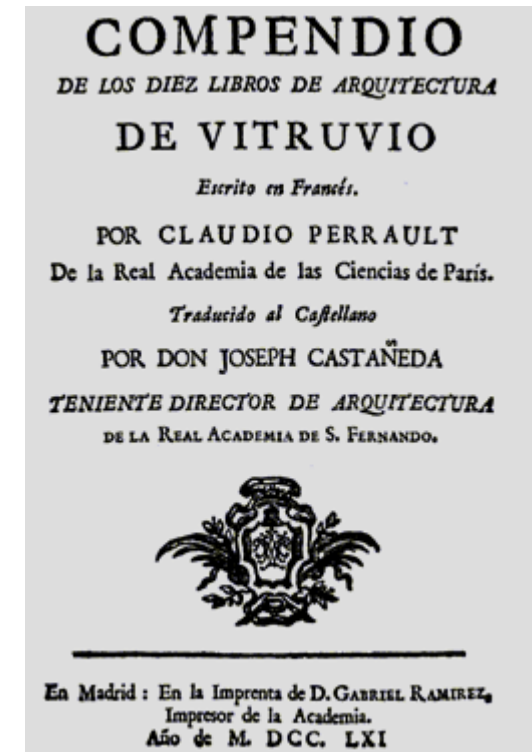
<sup>16</sup> NAVARRO FAJARDO, Juan C. *Bóvedas Valencianas.... Op. cit.*, p. 37.

<sup>17</sup> BECHMANN, R. Los dibujos técnicos del Cuaderno de Villard de Honnecourt, *Villard de Honnecourt. Cuaderno*, Akal, Madrid, 1991, p. 46.

<sup>18</sup> Fue traducido por Gerardo de Cremona y Adelardo de Bath. “La amplia y comentada versión de Adelardo fue la de mayor difusión, a pesar de algunas omisiones y alteraciones del original” RUIZ DE LA ROSA, J. A.: *Traza y Simetría...* Op. cit., p. 200.

<sup>19</sup> GHYKA, M. C. *Estética de las proporciones...* Op. cit., p. 252.

<sup>20</sup> El pilar fundamental de su diseño es la geometría. Esto se manifiesta con claridad en todas sus decoraciones, que se generan por supresión o repetición de diversas formas poligonales o estrelladas que se dibujan habitualmente utilizando la escuadra y el cartabón.



5.- Portada de la primera edición en castellano de Los diez libros de Arquitectura de Vitruvio, de Claudio Perrault.



6

6.- Imagen del dominico Santo Tomás de Aquino (1225-1274). Disponible en: <http://lacomunidad.elpais.com/blogfiles/metro/satotomas.jpeg> [Consulta: 8/11/2009]

debe dar una situación paralela a la del medioevo cristiano, en la que la **'geometria fabrorum'** acompañada de reglas numéricas es el principal instrumento de control de las formas de la arquitectura<sup>21</sup>.

Bucher considera que el rigor y precisión de las construcciones góticas solo se explica desde el empleo de "precisos procesos geométricos" y que solo con plantas y alzados de gran precisión es posible la construcción de las grandes catedrales<sup>22</sup>; esto debe ser extensivo, en cuanto a sus trazas, a las iglesias. En estos casos son necesarias las aportaciones del conocimiento científico existente. La geometría práctica se compone básicamente de recetas para construir figuras y son los gremios - los artesanos-, quienes se encargan de mantener su tradición en el diseño arquitectónico. Ruiz de la Rosa afirma:

*"La capacitación profesional dentro del gremio se instrumentaba sobre la base de la 'geometria fabrorum', al margen de toda reflexión teórica. Conceptos geométricos sencillos que permitían generar una enorme diversidad de formas, ligadas todas por un mismo sistema geométrico de proporción, cuyo contenido y consecuencias matemáticas distaban de interesar o ser comprendidos. Los diagramas geométricos relegaban la metrología a un papel secundario: el cantero no tenía necesidad de medir con reglas graduadas en ninguna unidad concreta; partía de la construcción gráfica propuesta por el maestro, y medía en ella directamente con su compás"*<sup>23</sup>.

El papel de la geometría y de la aritmética en la actividad arquitectónica se acentúa en la etapa medieval, y la belleza y perfección a la que llega -en función de ellas- lleva a una especial interpretación de la Creación. El pensamiento medieval recupera la doctrina planteada por los griegos sobre la correspondencia matemática entre el microcosmos y el macrocosmos, que se refuerza con la creencia cristiana de que en el Hombre, hecho a imagen de Dios, se materializan las armonías del Universo. Esta creencia tiene una clara influencia en los planteamientos que se reflejan en las geometrías de las trazas de los templos, en los que se muestra la relación entre el Hombre y Dios. Esta circunstancia provoca que la figura Vitrubiana inscrita en un cuadrado y en un círculo -recogida en múltiples tratados renacentistas y con seguridad conocida por los arquitectos y científicos medievales- se convierta en un símbolo de la

<sup>21</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Traza y Simetría...* Op. cit., p. 231.

<sup>22</sup> BUCHER, F. *Medieval Architectural Design Methods*, 800-1560, Gesta, Vol. 11, nº 2, 1972, p. 41

<sup>23</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Traza y Simetría...* Op. cit., p. 264. Véase también sobre el tema, del mismo autor Fuentes para el estudio de la *geometria fabrorum*. Análisis de documentos, en *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Cádiz, 2005, pp. 1001-1008.



correspondencia matemática entre microcosmos y macrocosmos<sup>24</sup>. El Cosmos es una obra de arquitectura, y Dios su gran arquitecto (véase fig. 29 cap. III); este es un concepto que retoma la Escuela teológica de Chartres a fines del XII, y que reelabora Santo Tomás y los pensadores escolásticos en el siglo XIII<sup>25</sup>. Debido a esta asociación teológico-geométrica, la figura del arquitecto medieval se revaloriza de manera notable, y su actividad se incluye, en la época del gótico, entre las artes mayores.

Queda patente que en la Edad Media la geometría supone el fundamento básico del diseño arquitectónico. Unas fórmulas geométricas elementales y prácticas sirven para proyectar y construir los edificios que guardan en sí mismos el secreto de la buena proporción. Dos documentos que certifican en cierta medida esta afirmación son el cuaderno de Villard de Honnecourt -sus dibujos contienen la información necesaria para analizar los sistemas de representación de uso común en el dibujo de la arquitectura gótica, trazados y procedimientos-, fundamental para entender la representación gráfica en el siglo XIII, y las denominadas “actas” de la Catedral de Milán -la polémica generada pone de relieve los sistemas de modulación y la importancia que se da a la forma geométrica-.

## Los dibujos y sus características

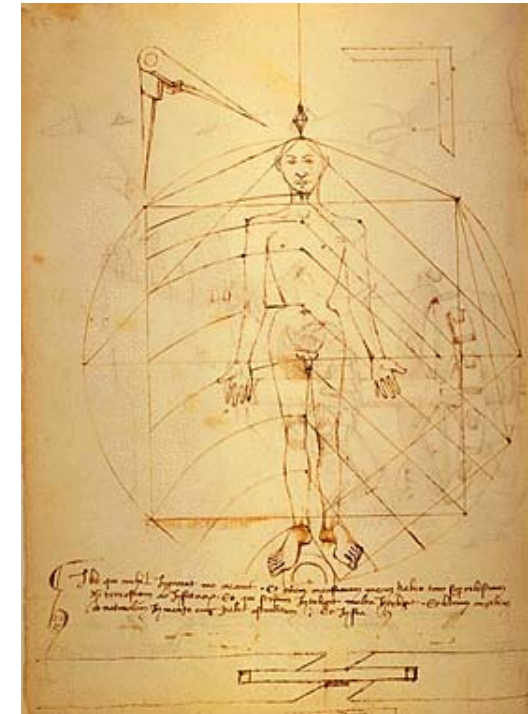
Hay varias hipótesis que explican la carencia de dibujos arquitectónicos anteriores al siglo XIII. Robert Branner<sup>26</sup> mantiene que el arquitecto medieval no dibuja lo que hoy entendemos por planos de proyecto -plantas, alzados, secciones y perspectivas-, sino que concibe el dibujo en su mente y lo restituye a escala 1:1 en el solar. Marta Llorente perfila más esta idea y plantea que antes del siglo XIV, “los arquitectos no acostumbraban a trazar sus ideas en soportes permanentes, y sin embargo trazaban”<sup>27</sup>. Otras hipótesis basan la ausencia de dibujos en su desaparición -ya que resulta poco creíble la inexistencia de documentación gráfica de apoyo para la construcción de edificios románicos-; concluida la ejecución de la obra los dibujos perderían interés y el soporte en el que se realizan sería reutilizado o transformado -en este caso habría que considerar la escasez de soportes

<sup>24</sup> WITTKOWER, R. *Los fundamentos de la arquitectura...Op. cit.*, p.32. Véase nota 68 en la que se referencian los estudios de estética medieval realizados por Edgar de Bruyne.

<sup>25</sup> RECHT, R. «Sur le dessin d´architecture gothique» Etudes offerts a L. Grodecki París 1981. E. CALI. *L´ordre ogival*. Artaud 1983. HARVEY. «Desarrollo de la arquitectura en la Baja Edad Media». en *La Baja Edad Media*. Labor, 1968.

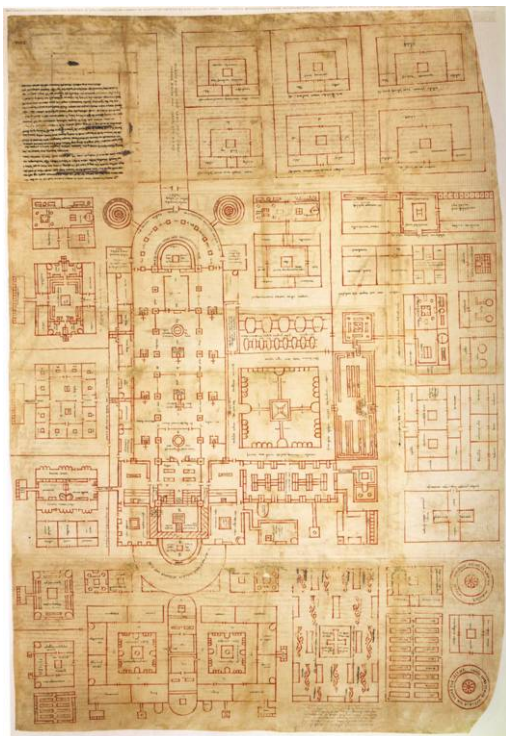
<sup>26</sup> Citado por KOSTOF, S. *El Arquitecto: historia de una profesión*. Op. cit., p. 78.

<sup>27</sup> LLORENTE DÍAZ, M. *El Saber de la arquitectura y de las artes*. Edicions UPC. Barcelona, 2000, p. 140. Señala los instrumentos de trazado -la escuadra, el compás y la vara de medir- con los que se suele representar al constructor, incluso antes de que aparezcan dibujos y esquemas en pergaminos y papeles, para avalar esta hipótesis.



7

7.- Hombre inscrito en figuras geométricas. Dibujo de (Pietro Mariano) Taccola (1381-1453/58). Muestra cómo en la Edad Media los oficios disponen de conocimientos de trazados geométricos y que en ellos tiene un protagonismo principal la figura humana. Publicado en *Análisis Gráfico y Representación Geométrica*. Disponible en: <http://leonardodavinci.stanford.edu/submissions/clabaugh/history/othermen.html>. [Consulta: 13-09-08].



8

8.- Imagen del original del plano que representa la planta del monasterio de St. Gall.

gráficos adecuados. Otras plantean la influencia del llamado “secreto gremial” en la destrucción de infinidad de dibujos medievales<sup>28</sup>.

La realización de dibujos y maquetas, previos o simultáneos al proceso constructivo, constituye la única muestra que nos permite confirmar la fuerza de la ideación. Su aparición hacia finales de la Edad Media, como hemos expuesto, permite “reconstruir el acto complejo de la imaginación productiva y no se deben confundir con ella, son en realidad huellas y vestigios de una facultad más compleja que debió utilizar el rector de las obras”<sup>29</sup>.

Parece razonable pensar que existen planos o documentos gráficos previos a la construcción de monasterios e iglesias medievales *de cierta escala o dimensión*, pero que, una vez concluido el edificio, son aprovechados para nuevos dibujos o destruidos por los monjes al no considerar necesario ni de interés su conservación. En algunos estudios sobre representación arquitectónica no se considera la Alta Edad Media como una época de retroceso en las técnicas gráficas, sino como un periodo de “lento desarrollo de los lenguajes gráficos” que prepara lo que va a suceder en arquitectura a partir del siglo XIII<sup>30</sup>.

Como hemos mencionado en el capítulo I (p. 52), el plano de arquitectura más antiguo que se conoce de la Edad Media es el que representa la **planta del monasterio de St. Gall** (fig. 8) –finales del primer cuarto del siglo IX- en cuya biblioteca fue archivado. Realizado en cinco hojas separadas de pergamino cosidas entre sí, se conserva gracias a que fue reutilizado<sup>31</sup>. En él se emplean procedimientos clásicos de representación, como la proyección ortogonal, la acotación y las referencias escritas<sup>32</sup>, y aparece la planificación métrica que se aprecia en su trazado modular, que racionaliza la organización del conjunto monástico<sup>33</sup>, “el plano se configuraba como un módulo de 40 pies, subdividido en 16 unidades de 2 pies y medio, que es una unidad derivada de sucesivas divisiones por la mitad. En la iglesia, la regularidad del espacio basado en cuadrados sub-modulares

<sup>28</sup> KOSTOF, S. Op. cit., p. 79.

<sup>29</sup> LLORENTE DÍAZ, M. Op. Cit., p. 139.

<sup>30</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Traza y Simetría de la Arquitectura...* Op. cit., p. 220. Cfr. GENTIL J. M. Representación de la Arquitectura. Aproximación a su estructura y génesis como lenguaje, p. 128.

<sup>31</sup> En su reverso se escribió una hagiografía de San Martín.

<sup>32</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Traza y Simetría de la Arquitectura...* Op. cit., p. 238.

<sup>33</sup> Idem. p. 240. Véase la explicación del esquema modular basado en el pie como unidad metrológica fundamental.

prefigura el procedimiento normal del románico, dos siglos más tarde”<sup>34</sup>. El dibujo, totalmente esquemático, recurre a una sola línea para representar los muros.

Como expone Ruiz de la Rosa, la historia conocida del desarrollo de los sistemas de representación utilizados en el gótico se sitúa entre los palimpsestos de Reims (1240-60) y la fachada de la iglesia del hospital de Esslingen (1501) (fig. 9), aunque existen hipótesis –señala a Branner- que plantean la utilización de planos trazados a escala en los proyectos de algunas catedrales en fechas anteriores. Estas representaciones recurren a convenciones gráficas del siglo XIII que pueden ser consideradas como los primeros elementos de geometría descriptiva conocidos en época bajomedieval. Se dibujan plantas y alzados siguiendo rigurosos métodos geométricos<sup>35</sup> y los módulos que se utilizan para los trazados son polígonos regulares en los que destaca el cuadrado. Se puede decir que “La Edad Media es la etapa de formación de la representación ortogonal de la arquitectura, asociada a un código estilístico, el gótico, y a una organización social y profesional, la de los gremios”<sup>36</sup>.



#### *Técnicas y herramientas gráficas*

El uso del pergamino como soporte para la representación de planos descriptivos y proyectos de conjunto de las grandes construcciones se incorpora con claridad a finales del siglo XIII, momento en que algunos autores mantienen que surge el dibujo exacto reducido a escala<sup>37</sup>, y supone un cambio importante en el funcionamiento de los talleres. Ruiz de la Rosa afirma:

*“La técnica de dibujo sobre pergamino pudo haber ejercido influencia sobre el movimiento de vanguardia de los años 1230-40, para lo que tuvo un significado más profundo del que tuviera para Cambrai en 1220. Sea como fuere, desde este tiempo los proyectos de diseño se hicieron cada vez más frecuentes en los talleres góticos, hasta convertirse en un paso estándar de los procesos de construcción, y así ha permanecido desde entonces”<sup>38</sup>.*

<sup>34</sup> KOSTOF, S. Op. cit., p. 76.

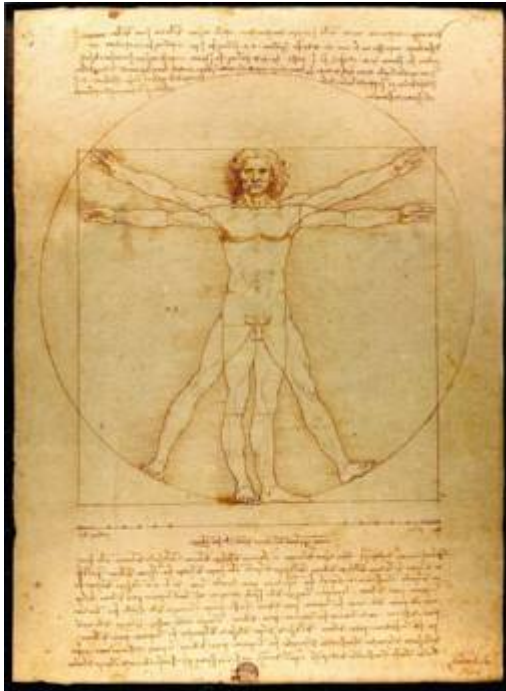
<sup>35</sup> Los principios geométricos quedan materializados en el conocido palimpsesto de Reims, del siglo XIII, y en las colecciones de dibujos de Praga y Viena.

<sup>36</sup> RUIZ DE LA ROSA, J.A: *Traza y Simetría de la Arquitectura...* Op. cit., pp. 268 y 278-280.

<sup>37</sup> KIMPEL, D. La actividad constructiva en la Edad Media: Estructura y evolución, en *Talleres de arquitectura en la Edad Media*, Moleiro Editor, Barcelona, 1995, p. 14.

<sup>38</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A.: *Traza y Simetría de la Arquitectura...* Op. cit., p. 280.

9.- Plano conmemorativo de H. Boeblinguer: Iglesia del Hospital de Esslingen. Academia de Viena. Fuente: Ruiz de la Rosa, J. A.



10

10.- Imagen del hombre vitrubiano representado por Leonardo da Vinci. Publicado en Leonardo da Vinci. Obra pictórica y obra gráfica.

La escuadra y el compás pasan a ser los principales instrumentos de dibujo del arquitecto, además de los que aparecen en representaciones medievales<sup>39</sup>: las cuerdas, la larga mira, el hierro angular y el gran compás de suelo con los que se realiza a escala 1:1 el trazado de monteas.

En el caso de los templos objeto de este estudio se carece de documentos gráficos -ya sean estos planos o trazas de monteas- que puedan aportar luz sobre el proyecto y traza de cada una de las iglesias y sus elementos. Esta circunstancia nos obliga a recurrir a los propios edificios para reconstruir los procesos de creación y producción arquitectónica empleados, y a descubrir y recuperar cuáles fueron los trazados que dieron lugar a cada una de las arquitecturas estudiadas a partir de la información que nos aportan las construcciones actuales<sup>40</sup>.

La publicación de *Los Elementos* de Euclides consagra, tanto en la Geometría como en el Dibujo y la Arquitectura, el uso de los instrumentos simples, *la regla y el compás*, que resuelven con precisión la mayoría de los problemas de construcciones geométricas y generan resultados sorprendentes en el diseño medieval. Desde entonces maestros de obras y arquitectos tienen en sus manos unas herramientas capaces de trazar los más bellos esquemas para representar y para proyectar<sup>41</sup>.

Para Vitruvio resulta tan imprescindible el uso de la regla y el compás que llega a considerarlo como la contribución más básica de la Geometría a la Arquitectura. Así recoge en el libro primero, capítulo 1 de los Diez Libros de Arquitectura, para la formación del arquitecto, entre otras, la siguiente consideración:

*"Le será de gran ayuda la Geometría, que le adiestrará especialmente en el uso de la regla y el compás, con cuyo auxilio trazará mucho más fácilmente las plantas de los edificios, y sabrá levantar a escuadra y a nivel los planos de ellos"*<sup>42</sup>.

<sup>39</sup> Véanse figuras 18, 29 y 31 del capítulo III.

<sup>40</sup> En el caso de San Francisco de Ourense, es necesario recurrir a la información que aportan los restos existentes en su antiguo emplazamiento, en el conjunto conventual de San Francisco. Allí se mantienen partes importantes de las fábricas laterales de la nave y también del crucero, fundamentalmente del brazo del lado de la Epístola. En cuanto a la iglesia de San Francisco de A Coruña, los datos para su reconstrucción parten de las excavaciones arqueológicas realizadas que muestran la cimentación de la misma, y de los escasos planos e imágenes existentes del templo en su emplazamiento original.

<sup>41</sup> ALSINA CATALA, C. y TRILLAS E. *Lecciones de Álgebra y Geometría*. GG, Barcelona 1984, 4ª edición 1989. p. 207.

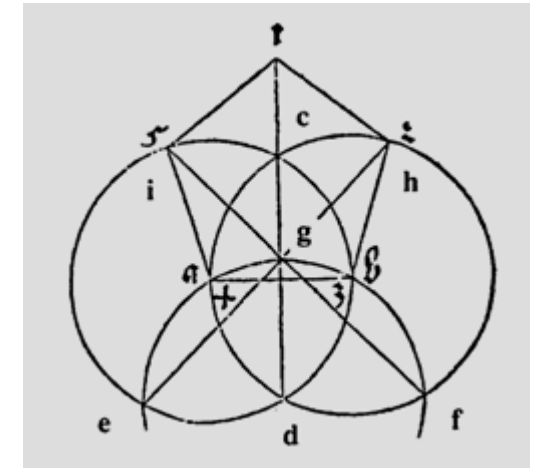
<sup>42</sup> VITRUVIO, M. L. *Los diez libros de arquitectura*. Editorial Iberia. Barcelona, 1980, p. 6.

## Los polígonos y su construcción

Los arquitectos y maestros de obras de la Edad Media, herederos de estudios de la antigüedad clásica, tratan de hallar la proporción armónica utilizando procedimientos en los trazados de los edificios –planta, alzado, sección- sujetos a figuras y razones geométricas<sup>43</sup>. Las figuras que se pueden considerar esenciales de todo trazado arquitectónico son, en la Edad Media, el triángulo equilátero, el cuadrado, el pentágono, el exágono, el octógono y el decágono, entre los polígonos regulares, y también el rectángulo y por supuesto la circunferencia<sup>44</sup>.

Leonardo da Vinci, Luca Paccioli y otros escriben ampliamente sobre los polígonos, pero es Durero el primero que transmite al futuro las construcciones medievales<sup>45</sup>. Haremos aquí una breve descripción de ellos y sus construcciones, algunas aproximadas y sencillas -como aquellas que no exigen un cambio de apertura del compás- y que llegan a nosotros fundamentalmente por medio de los tratados y escritos del renacimiento (fig. 11).

Lampérez<sup>46</sup> expone que la existencia en la Edad Media de estos procedimientos se evidencia, entre otras referencias, en los interesantes croquis elaborados para esculpir figuras y decoraciones mediante trazados geométricos que aparecen en las láminas 36 y 37 del cuaderno de Villard de Honnecourt - siglo XIII-(figs. 12 y 13), en el informe que sobre la catedral de Milán realiza Gabriel Stornalocco -siglo XVI- y en el manuscrito español de Simón García (fig. 48)



11

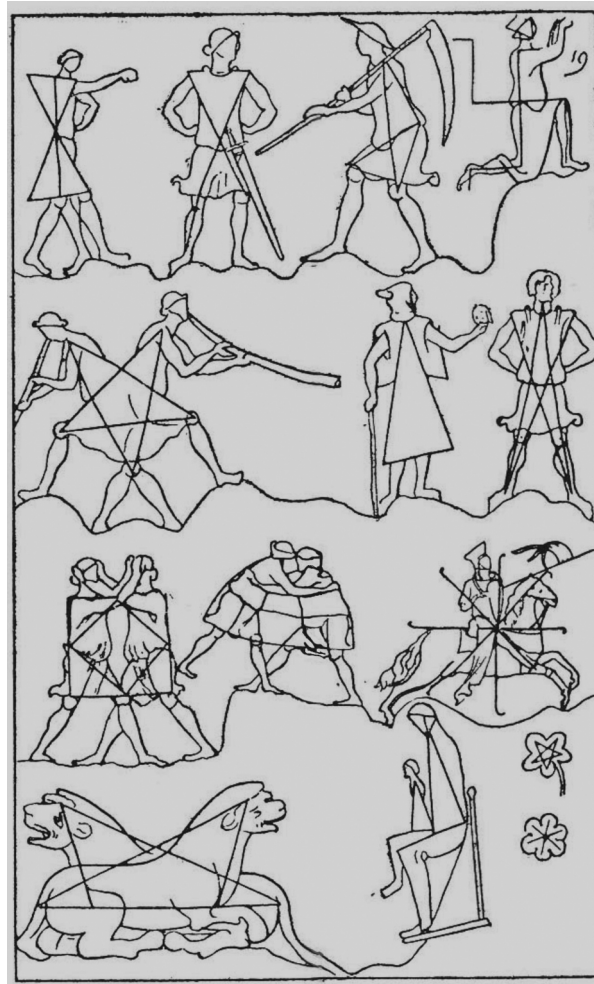
<sup>43</sup>En opinión de Wittkower, la importancia emocional que la mentalidad griega otorga a las formas geométricas –el triángulo equilátero, el cuadrado, el triángulo isósceles de ángulo recto y el pentágono- que para Platón encierran un profundo e incluso místico significado, hace que estas ejerzan una notable influencia en el concepto de proporción. WITTKOWER, R. Op. cit., p.212.

<sup>44</sup> GHYKA, M. C. Estética de las proporciones...Op. cit., p. 63.

<sup>45</sup> PEDOE, D. *La geometría en el arte*. Editorial GG. Barcelona, 1976, p. 57-60. Durero es conocedor de la obra de Euclides, al igual que de una recopilación de construcciones que aparece hacia 1484 *Geometría deutsch*, corroborando que no todas sus construcciones son originales.

<sup>46</sup> LAMPÉREZ Y ROMEA, V. *Historia de la Arquitectura Cristiana Española en la Edad Media* Tomos I, II. Ed. Facsímil de la de 1909). Junta de Castilla y León. Consejería de Educación y Cultura. Valladolid, 1999, p. 70. Hace referencia el autor a los estudios de Abella, Ricci, Viollet-le-Duc, Heuszlmann, Vogué, Dieulafoy y otros extranjeros que han dado importancia a estas teorías. Resume sus principios en la siguiente ley, clara y sucinta, sentada por Viollet-le-Duc: “Siendo el triángulo la figura perfecta de la estabilidad y constituyendo esta la base de la estética arquitectónica, el monumento será armonioso y el espíritu quedará tranquilo y complacido, siempre que un edificio acuse por puntos sensibles aquel trazado”.

11.- Trazado aproximado del pentágono recogido por Durero. Fuente: *Alberto Durero. De la Medida*.



12



13

12 y 13.- Láminas 36 y 37 del cuaderno de Villard de Honnecourt - siglo XIII.-

14.- Dibujo del hombre de Vitruvio que realiza Cesariano para su traducción de los libros de Vitruvio. Disponible en: <http://leonardodavinci.stanford.edu/submissions/clabaugh/history/othermen.html>, [Consulta: 13-09-08].

15.- Artesonado del crucero de la iglesia de San Francisco de Lugo.

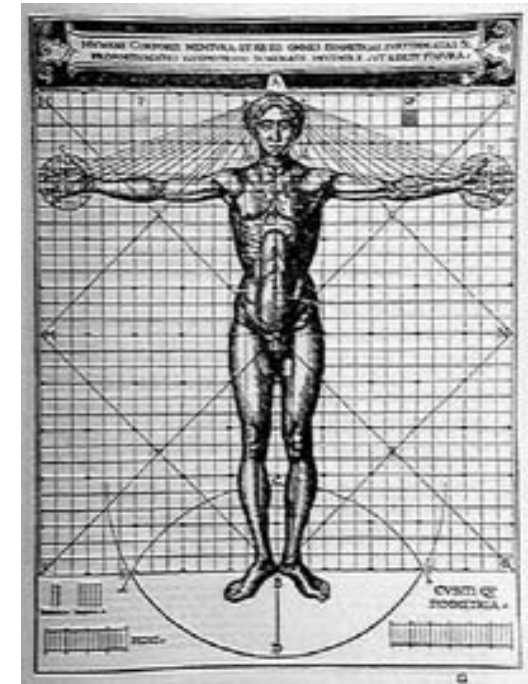
Describiremos aquí brevemente los polígonos que se utilizan como referencia de base para realizar el análisis de los trazados y composiciones modulares empleadas en cada una de las iglesias franciscanas objeto de estudio: cuadrado -y sus derivados-, triángulo, pentágono y decágono. Inicialmente no consideramos el hexágono por su parentesco con el triángulo equilátero -puede

descomponerse en seis triángulos equiláteros iguales y su lado es igual al radio del círculo circunscrito-, ni el octógono, aunque ha representado un gran papel en arquitectura<sup>47</sup>, porque únicamente aparece en las formas del artesonado del crucero de la iglesia de San Francisco de Lugo (fig. 15) y probablemente en el artesonado original del crucero de San Francisco de Orense<sup>48</sup> -hoy desaparecido-, y como polígono del que derivan las capillas absidales menores que, en nuestra hipótesis, no pertenecen al trazado inicial de ninguna de las seis iglesias analizadas.

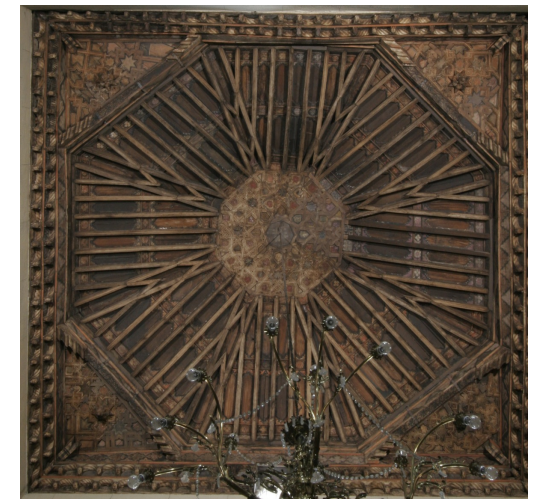
### El cuadrado

Se considera como la “unidad principal” que rige el desarrollo geométrico del diseño medieval<sup>49</sup>. Inscrito en una circunferencia dada, su construcción se reduce a trazar una perpendicular a una recta. Se encuentra en la base de las modulaciones rectangulares. A él se recurre para generar proporciones ya sea por adición o sustracción, multiplicación o división, o haciéndolo girar sobre su centro (habitualmente 45°)<sup>50</sup>.

Los tratados de la arquitectura describen las diferentes proporciones que derivan del cuadrado<sup>51</sup>. Serlio llega a definir 7 proporciones cuadriláteras: el ‘cuadrado perfecto’, la ‘figura sesquicuarta’ -el cuadrado más un cuarto-, la ‘figura sesquitercera’ -el cuadrado más un tercio-, el *diagon* -la proporción diagonal-, la ‘figura sesquilatera’ -el cuadrado más un medio-, la ‘proporción *superbipartiens tertias*’ -el cuadrado más dos tercios-, y la proporción doble -dos cuadrados-.



14



15

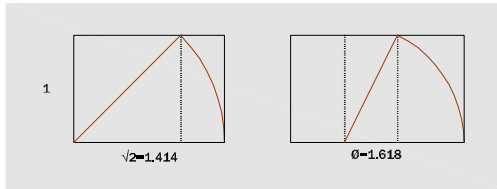
<sup>47</sup> Del cuadrado deriva el octógono regular que ha servido para el trazado de iglesias, cúpulas y torres, fundamentalmente en las épocas bizantina árabe y románica.

<sup>48</sup> De planta cuadrada, en la parte superior de las fábricas del crucero se disponen ocho canecillos que, de mantener la posición original después de su traslado, podrían ser los soportes de un artesonado de base octogonal.

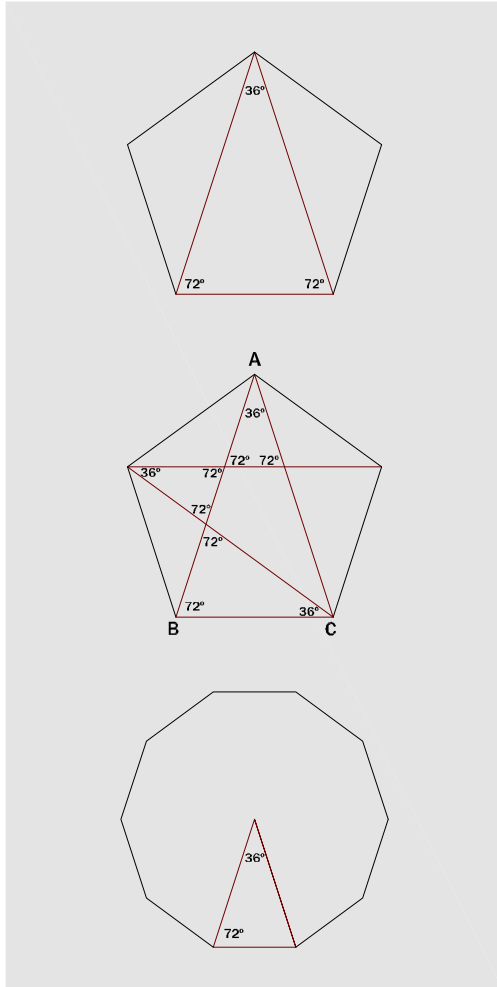
<sup>49</sup> BUCHER, F. Medieval Architectural...Op. cit., p. 37. <http://www.jstor.org/pss/766593>

<sup>50</sup> Se podría afirmar que este procedimiento, de rotación de cuadrado, es el más aplicado en el diseño gótico, tanto para sus elementos de conjunto como para sus detalles. Esta utilización masiva se puede entender por las siguientes razones: es un proceso sencillo, es racional, es rápido, es fácilmente transferible y es fácilmente verificable en el proceso de construcción. BUCHER, F. Medieval Architectural... Op. cit., p. 43.

<sup>51</sup> Sobre las proporciones de las bóvedas góticas véase el estudio realizado por RABASA, E. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XX*, Akal, Madrid, 2000, pp. 56-64.



16



17

Para Bucher<sup>52</sup> existen dos subcategorías en la utilización del cuadrado o derivados de él, el *diagon* ya mencionado - proporción  $1:\sqrt{2}$ - y el *auron*  $-1:\Phi$ - (fig. 16). Se trata de dos rectángulos, el primero construido a partir de un cuadrado cuya diagonal abatida es el lado mayor, y el segundo -también denominado rectángulo áureo- que se genera a partir de un cuadrado dividido en dos rectángulos iguales y cuyo lado mayor se obtiene abatiendo la diagonal de uno de ellos sobre el lado del cuadrado.

### El triángulo

Está considerado<sup>53</sup> como la segunda figura en importancia, después del cuadrado, en las composiciones y trazados de la arquitectura medieval. Además del triángulo regular o equilátero<sup>54</sup>, el más sencillo de los polígonos regulares, existen otros de gran interés para los trazados arquitectónicos: el *triángulo sagrado egipcio* o triángulo *perfecto* - triángulo rectángulo que sigue la proporción numérica 3, 4 y 5-, el *triángulo sublime* (fig.17)<sup>55</sup> o triángulo del *pentalfa*, triángulo isósceles cuyo ángulo desigual en el vértice es de  $36^\circ$ , y se encuentra como elemento del pentágono estrellado y del decágono regular -si este triángulo tiene como vértice el centro de un círculo cuyo radio sea su lado mayor, la base tendrá la misma dimensión que el lado del decágono regular inscrito en ese círculo-; el triángulo isósceles de altura igual a la base; el triángulo rectángulo -presentado como *egipcio* por Viollet-le-Duc- de altura 5 unidades y 4 de base -duplicado simétricamente respecto a su altura genera el triángulo isósceles de altura 5 unidades y 8 de base que aparece como elemento director del trazado de varias catedrales góticas-, y el rectángulo que lo encuadra de módulo  $8/5=1,6$  y que forma parte de la serie de aproximaciones de  $\Phi$  que da la serie de Fibonacci<sup>56</sup>.

<sup>52</sup> BUCHER, F. *Medieval Architectural...* Op. cit., p. 43. Véase NAVARRO FAJARDO, J. C. *Bóvedas Valencianas de Crucería de los Siglos XIV al XVI. Traza y monte*. Tesis doctoral Universidad de Valencia, 2004, p. 46. Y LÓPEZ GONZÁLEZ, C. y GARCÍA VALLDECABRES, J.: *El levantamiento, la metrología y la geometría*. <http://www.sanjuandelhospital.es/museo/download/levantamiento.pdf> 16-09-08.

<sup>53</sup> Véase GHYKA, M. C. *Estética de las proporciones...* Op. cit., pp. 63-68.

<sup>54</sup> Su giro genera la forma hexagonal, que se aplica en la denominada *arquitectura menor* -púlpitos, tabernáculos, relicarios y baldaquinos-. BUCHER, F. *Medieval Architectural Design Methods* Op. cit., p. 44.

<sup>55</sup> Elemento del pentágono y también del decágono, verifica que  $AB/BC=\Phi$ ,  $\text{ang } ABC = \text{ang } ACB = 72^\circ$ . Estas dos condiciones le confieren el carácter de "sublime" y sus "armónicas" propiedades. También cinco triángulos isósceles *sublimes* entrelazados definen el pentagrama completo (pentágono regular y estrellado).

<sup>56</sup> GHYKA, M. C. *Estética de las proporciones...* Op. cit., p. 67. el autor los utiliza en el análisis de los trazados verticales góticos.



El triángulo es la figura protagonista en la polémica de Milán (fig. 18), en los estudios, análisis e informes en los que interviene Gabriele Scovaloca –habitual y erróneamente llamado Stornaloco-, en los debates sobre su construcción en el año 1391 y en donde había que optar por una sección *ad quadratum* o por una *ad triangulum*<sup>57</sup>. En su aspecto simbólico el triángulo representa a la Trinidad, y como tal fue utilizado en la Edad Media.

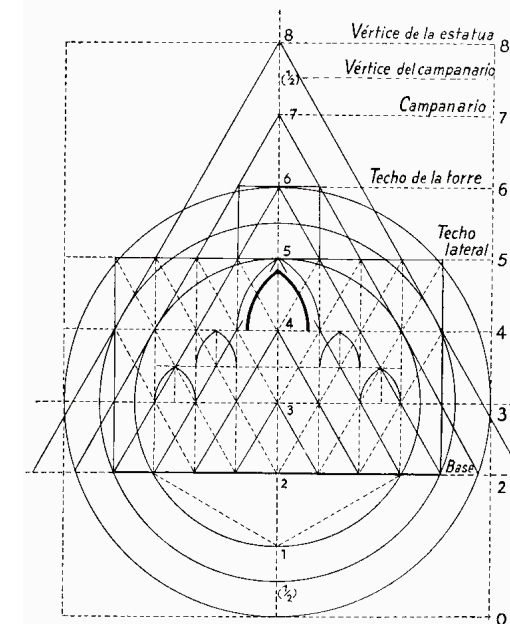
### El pentágono y el decágono

Pentágono y decágono, este último producto del desdoblamiento del primero, son, como expone y demuestra Ghyka<sup>58</sup>, figuras en las que la sección áurea aparece en las razones lineales que resultan de los trazados conexos de ambos, en su forma regular y estrellada. En ellas observa que en la misma circunferencia circunscrita se obtiene:

- lado del pentágono estrellado/lado pentágono regular =  $\Phi$ .
- lado decágono estrellado/radio =  $\Phi$ .
- radio/lado decágono regular =  $\Phi$ .

El pentágono es el polígono al que los discípulos de Pitágoras<sup>59</sup> otorgaron el puesto de honor entre las figuras planas. Paccioli lo exalta en sus escritos y su construcción euclidiana implica la división de una línea en una *relación extrema y media* que Paccioli llamara más tarde *proporción áurea*.

En el libro *Die Geometrie Deutsch* aparece una construcción aproximada para dibujar un pentágono regular mediante una sola abertura de compás<sup>60</sup> (fig 19); se trata del método de trazado más rápido conocido. Durero recoge también esta construcción y una, teóricamente exacta (fig. 21), para trazar un



18

<sup>57</sup> SOLER SANZ, F. *Trazados Reguladores Octogonales en la Arquitectura Clásica*. General de Ediciones de Arquitectura. Valencia, 2008. Prólogo Sobre la Proporción y los Trazados Geométricos de la Arquitectura de GENTIL BALDRICH, J. M<sup>a</sup>. p. 26.

<sup>58</sup> Véase GHYKA, M. C. *Estética de las proporciones...* Op. cit. pp.70-77. El autor demuestra que la razón  $\Phi$  de la sección áurea gobierna las relaciones entre los pentágonos y decágonos regulares y estrellados y las circunferencias inscritas y circunscritas tanto en las ecuaciones como en los gráficos. Referencia la utilización del decágono –compuesto por diez triángulos sublimes- en los trazados del templo de Minerva Médica en Roma, del Mausoleo de Teodorico en Rávena, de la iglesia románica de San Gereón, en Colonia y también en uno de los rosetones de la Sainte Chapelle.

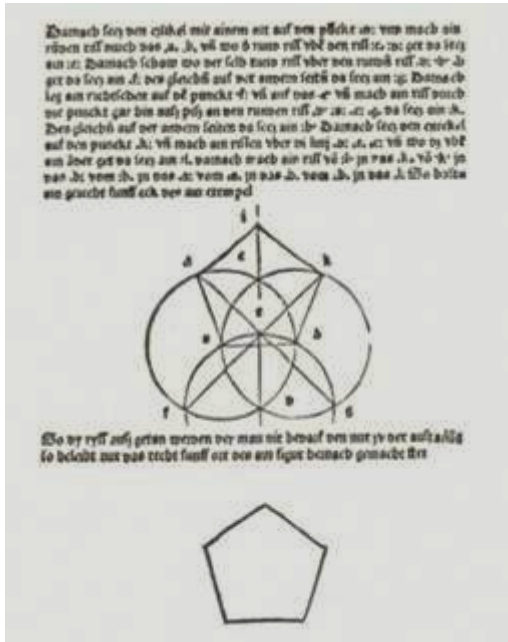
<sup>59</sup> Pitagóricos y neo-pitagóricos lo usaron bajo el nombre de *pentalfa* como emblema de la salud y la vida. GHYKA, M. C. *Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes*. Op. cit., p. 75.

<sup>60</sup> RORITZER, M. *Das Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit und Die Geometria Deutsch*. Edición facsímil. Hürtgenwald Guido Pressler, 1999. Se trata de un procedimiento dado por Durero, que encuentra Lund en el tratado reseñado del siglo XV y que recoge Ghyka (fig.22.1). Se trata de una construcción empírica en la que el pentágono obtenido, aunque de lados iguales, no es regular.

16.- Rectángulos, derivados del cuadrado, denominados *diagón* y *aurón* respectivamente.

17.- Triángulo sublime o áureo como elemento del pentágono, pentágono estrellado y el decágono regulares, ángulos y relaciones existentes entre ellos. Extraído de *Geometry of Design*.

18.- Esquema explicativo de la sección transversal, realizada por Cesar Cesariano en 1521), de la Catedral de Milán. Fuente: Ghyka.

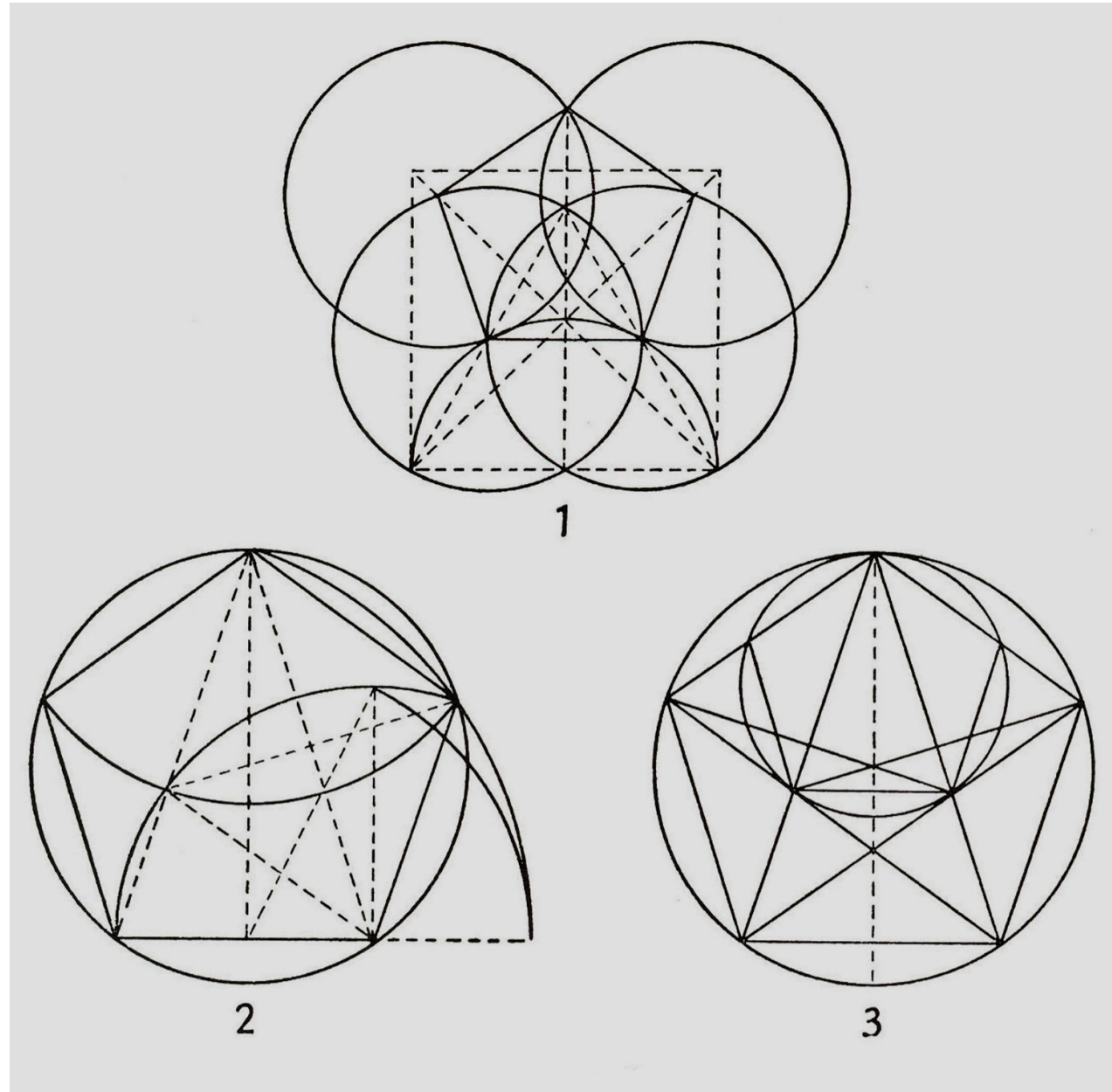


19

19.- Reproducción facsímile del trazado del pentágono con una sola apertura de compás realizado por Rorittzer. Fuente: *Die Geometria Deutsch*. Edición facsímile.

20.- Trazados de la construcción del pentágono recogidos y realizados por Ghyka. En 1 la construcción con una sola apertura de compás, el pentágono obtenido es equilátero pero no es regular, se alarga hacia arriba. En 2, construcción en la que se emplea la sección áurea, esta conduce a 3 figura denominada *pentagrama de Hipócrates*. Fuente: *Estética de la proporciones en la naturaleza y en las artes*.

21.- Construcción del pentágono y del decágono regular inscrito en un círculo de radio conocido, donde CD es la longitud del lado del pentágono y OD la del lado del decágono. Pedoe señala que Durero la toma de la obra de Ptolomeo, el *Almagest*.



20

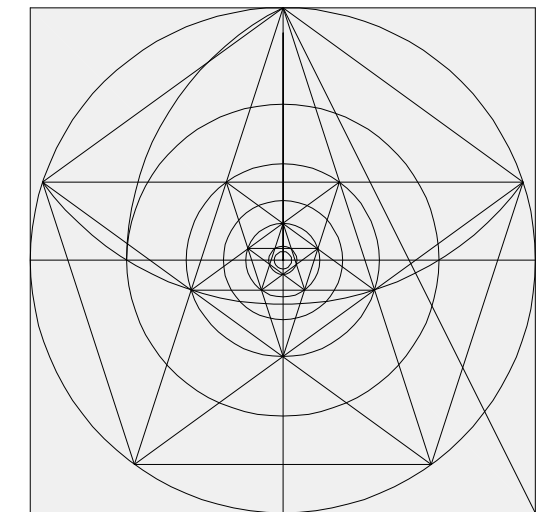
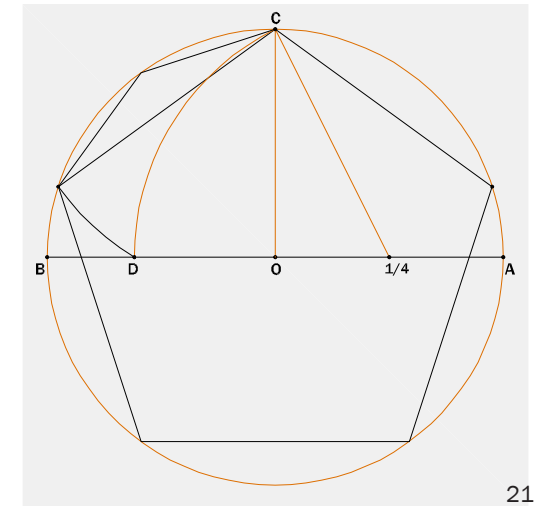
170

pentágono regular de la obra de Ptolomeo sobre la astronomía, el *Alamgest*. En ella CD es el lado del pentágono inscrito en un círculo de radio OC, y OD es la longitud del lado del decágono inscrito en el mismo círculo<sup>61</sup>.

En su Tratado de las Proporciones Durero explica la construcción del pentágono y decágono regulares inscritos en una circunferencia dada (fig. 47). La construcción rigurosa del pentágono necesita el empleo de la sección áurea y conduce, como observa Lund, a la figura llamada *Pentagrama de Hipócrates*<sup>62</sup> (dibujos 2 y 3 de la fig. 20) que, con sus variantes, se encuentra en muchos planos góticos de estructura pentagonal radiada.

Inscrito el pentágono regular en una circunferencia y dibujadas sus diagonales se obtiene el *pentagrama místico*, figura con un importante carácter simbólico. El polígono estrellado o estrella de cinco brazos –pentáculo-, es el símbolo del amor creador y de la belleza viva y armoniosa, expresión de ese ritmo impreso por Dios a la vida universal. Sirve para determinar correspondencias armónicas, puesto que ofrece directamente un ritmo basado en la proporción áurea, que es la característica por excelencia de los organismos vivos. Esta proporción se encuentra también en las figuras derivadas del decágono<sup>63</sup>. Sugiere un ritmo indefinidamente recurrente y continuo basado en la proporción por excelencia (fig. 22). En él todos los triángulos son isósceles, y la diagonal queda dividida en “extrema y media razón”, es decir, en Sección áurea o divina. En su álbum de dibujos Villard d’Honnecourt utiliza con frecuencia el pentagrama como trazado director de la figura humana, de animales y de plantas (fig. 12 y 13).

En muchos de los tratados relativos al análisis de proporciones se pueden encontrar **pentágonos** determinados sucesivamente por las diagonales de otro mayor o yuxtapuestos indicándose las dimensiones 1,  $\Phi$ ,  $\Phi^2$ ,  $\Phi^3$ ,  $\Phi^4$ ... . En valores absolutos, puede comprobarse cómo esos segmentos toman valores aproximados de 3, 5, 8, 13..., cuya razón es  $\Phi$ .

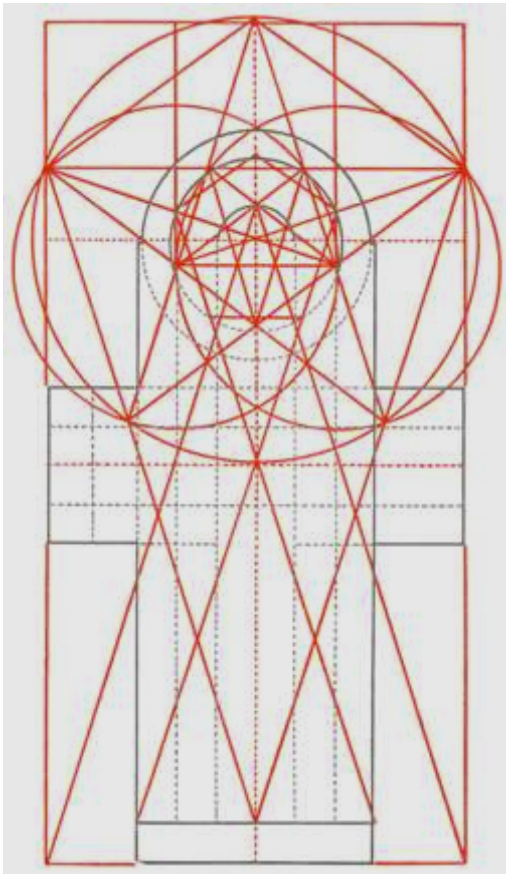


22.- Serie dinámica del pentágono y del pentalfa que aparece en el diagrama transversal modular de la catedral de Colonia según Lund. Fuente: Ghyka.

<sup>61</sup> PEDOE, D. *Op. Cit.*, pp. 57-59.

<sup>62</sup> Estudioso griego de la Matemática expulsado de la secta pitagórica por divulgar secretos geométricos. Extraído de nota 13 p.73 de GHYKA, M. C. *Estética de las proporciones*.... Op. cit. pp. 70-77.

<sup>63</sup> HANI, J. *El simbolismo del templo cristiano*. J. J. de Olañeta. Barcelona, 2000, p. 35. Según la lectura simbólica, una estrella de cinco puntas con una de ellas hacia arriba representa el poder de Dios; sin embargo si tiene dos puntas hacia arriba es el símbolo del poder diabólico, MONTU, A. *El Pentágono*. Editorial GG. Barcelona, 1999, p.5.



23

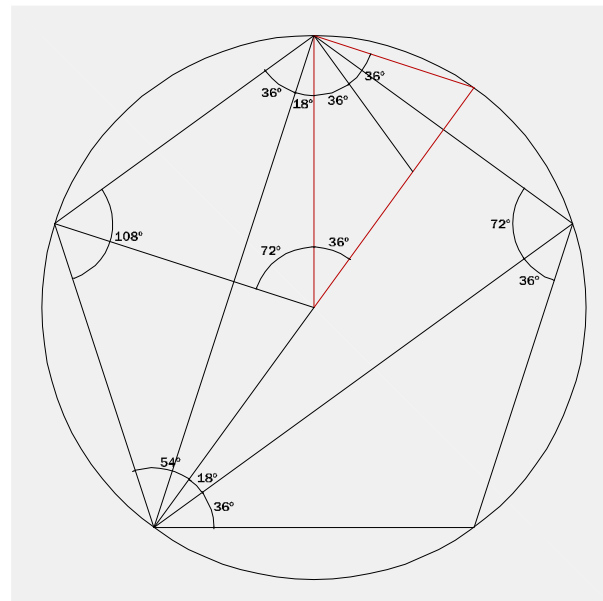
23.- Trazado radiante de la catedral de Colonia según Lund. Fuente: *Estética de la proporciones en la naturaleza y en las artes*.

24.- Serie de ángulos que aparecen en el pentágono y decágono regular y relaciones áureas que se producen entre sus lados y diagonales.

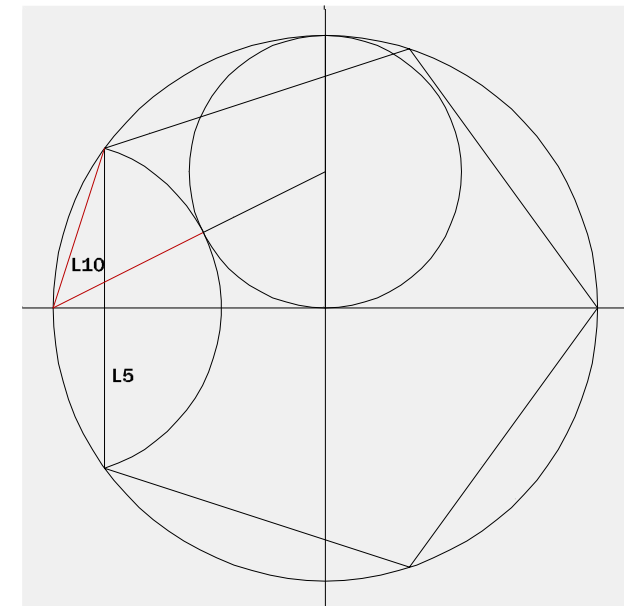
25.- Determinación de los lados de pentágono y decágono

El **pentágono** aparece o se propone como núcleo generador de secciones y plantas de construcciones góticas; de esto son un ejemplo los trabajos de Lund como el de la Catedral de Colonia: unos pentágonos inscritos en el ábside y otro mayor según razón  $\Phi^2$  permiten definir su longitud y anchura. El que esta traza carezca de relación alguna con la trama reticular de las naves supone la existencia de dos trazados que se superponen, como consecuencia de la dificultad de conjugar un trazado geométrico, como el del ábside, pentagonal, con la modulación del resto del templo.

El hecho de que la planta de las capillas mayores de los seis templos estudiados derive del decágono, y la relación que este polígono y el pentágono tienen con la sección áurea merecen una especial atención.



24



25

En nuestro análisis utilizaremos la figura del pentágono atendiendo a la proporción áurea que existe entre el lado y la diagonal de este polígono ó, alternativamente, atendiendo a la proporción áurea que existe entre el radio de la circunferencia circunscrita y el lado del decágono, o a partir del pentágono por mediatrices de sus lados. Trataremos de verificar si existe algún tipo de asociación entre la posición y/o

las dimensiones de puntos y líneas singulares de las trazas de las iglesias con alguna de las medidas del polígono que hemos señalado.

Para los pitagóricos el pentágono y el número cinco son símbolos del hombre<sup>64</sup> y de la naturaleza viviente, del crecimiento y de la armonía natural, del movimiento del alma, de la perfección humana y además de símbolo del hombre microcósmico<sup>65</sup>.

### Circunferencia

Según Bucher “tal vez el elemento más importante de la teoría de la arquitectura medieval”<sup>66</sup>, permite construir los polígonos y sus derivados y, por tanto, las trazas de la planta y de los alzados, además de proyectar las líneas fundamentales de las bóvedas de crucería.

Toda construcción está basada en unos dibujos previos que han sido proyectados con el compás. Así en este trabajo se considera, al menos inicialmente, la demostración de Moessel en la que expone en los análisis de plantas “que todos los diagramas geométricos se reducen a la inscripción en uno o varios círculos concéntricos de uno o varios polígonos regulares”<sup>67</sup>. Estos círculos rectores se segmentan generalmente en diez o cinco partes mediante la inscripción en un círculo de un **decágono o un pentágono regular**. En ocasiones aparecen dos círculos rectores concéntricos: el mayor, dividido en ocho o dieciséis, comprende el trazado exterior del edificio, mientras que el otro, dividido en cinco o diez, comprende el trazado interior; **el altar mayor suele ocupar siempre uno de los centros**. Esta combinación permite una compensación eurítmica: “la división del círculo por cuatro, ocho y dieciséis da una impresión de estabilidad; la división por cinco, una impresión de vida orgánica, pues las “impulsiones” arquitecturales imitan entonces a los seres vivos”<sup>68</sup>.

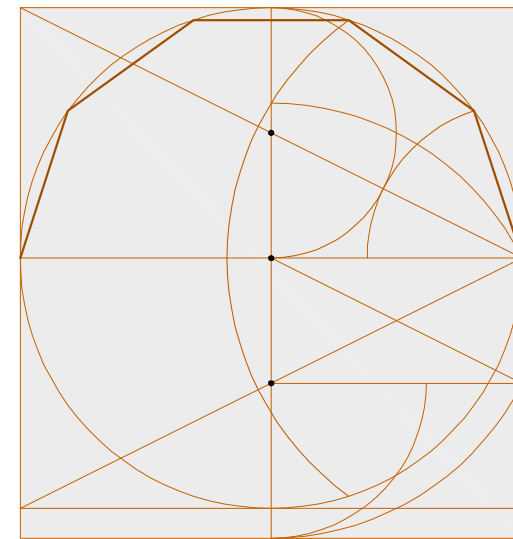
<sup>64</sup> Son numerosas las imágenes que representan al hombre y el pentágono o el pentalfa, referencia del microcosmos.

<sup>65</sup> BUHIGAS TALLON, J. *La Divina Geometría*. La Esfera de los libros, Madrid, 2008, p. 222. El autor expone que si el número cuatro y su forma asociada, el cuadrado regular, son símbolos de materia creada y naturaleza, el cinco implica un paso más en la evolución de lo creado hacia Dios: es el cuerpo habitado por el espíritu, cuerpo por lo tanto en su estado más pleno, íntegro, sublimado,  $4$  (símbolo de materia) +  $1$  (símbolo de Dios) =  $5$ . En línea con el pensamiento de los pitagóricos en la Edad media, el pentágono también aparece como el símbolo del hombre; del hombre pleno, consciente de su dimensión espiritual, con la que completa y perfecciona su dimensión material. Hay que considerar también, dentro de las características de la religiosidad de los franciscanos, que si el hombre es el ser de la creación que elige el Creador para que su espíritu habite en él y que el cinco, en la simbología medieval, es símbolo del propio Cristo (hombre-Dios), esta figura y este número previsiblemente han de participar de algún modo en los trazados de sus iglesias.

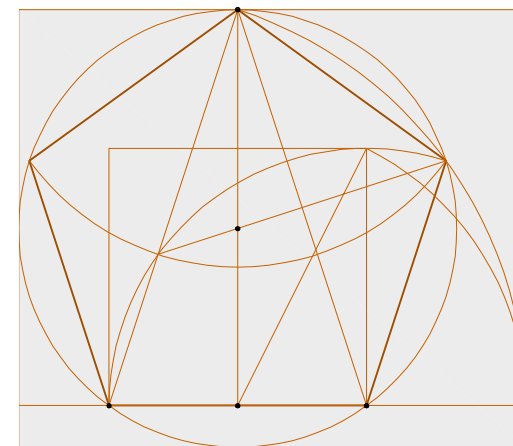
<sup>66</sup> BUCHER, F. Op. cit., p. 44.

<sup>67</sup> MOESSEL, E. *Die Proportion in Antike und Mittelalter*. Munich, 1926. Se pueden segmentar también astronómicamente en cuatro, ocho o dieciséis partes.

<sup>68</sup> HANI, J. Op. Cit., p. 35.



26



27

26.- Construcción del pentágono y del decágono regulares según Euclides. Trazado del hemidecágono, figura empleada en las cabeceras de las iglesias.

27.- Construcción del pentágono regular y del triángulo sublime partiendo del lado y del lado más corto respectivamente utilizando la sección áurea.



28

28.- Santa Hildegarda de Bingen y el hombre en el centro del universo, miniatura del *Liber divinorum operum* de Hildegarda de Bingen, 1230, Biblioteca Statale, Lucca. La altura del hombre, -igual aproximadamente al diámetro del círculo interior, microcosmos- coincide con la apertura de los brazos en una relación proporcional basada en el número cinco.

29.- Representación del hombre-microcosmos-pentágono de Henrius Cornelius Agrippa tal como se recoge en su tratado *De Occulta Philosophia* (1533). En él señala, "Puesto que el hombre es obra de Dios, la más bella, la más perfecta, su imagen, y compendio del mundo universal, es llamado por ello el pequeño mundo, ...". Fuente: Carmen Bonell.

Con las naturales reservas a las que llevan las opiniones de distintos autores<sup>69</sup> sobre la repercusión real de los elementos simbólicos relacionados con el número en los trazados góticos, parece necesario reflexionar sobre su posible implicación en el proceso de ideación/diseño y su relación con las soluciones formales adoptadas. La vinculación del número y lo sagrado en el arte y la arquitectura occidental determina, para otros autores, que su presencia en el monumento sagrado responde a la necesidad de reproducir y comprender el orden trascendente por medio del cual la divinidad separa cosmos de caos. El número no solo se ve como principio universal, sino también como principio divino<sup>70</sup>.

Aun cuando en la época medieval hay numerosos estudios sobre el simbolismo de los números y numerosas hipótesis sobre su empleo en el arte de la Edad Media, estas se tratan casi siempre de especulaciones románticas más que de teorías con rigor científico y no deben llevar a desestimar totalmente el recurso al simbolismo del número y su relación con los polígonos utilizados en los trazados<sup>71</sup>. Se sabe que los conocimientos sobre geometría de un arquitecto gótico como Villard de Honnecourt procedían básicamente de las escuelas catedralicias y monásticas y también que el estudio del *quadrivium* está relacionado con las especulaciones metafísicas y místicas de tradición platónica y por tanto, los futuros arquitectos o maestros de obras deben mostrar la influencia del conjunto de propiedades estéticas, técnicas y simbólicas que sus maestros atribuyen a la geometría<sup>72</sup>.

<sup>69</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. "Geometría fabrorum" o la antítesis de las teorías sofisticadas. *Boletín Académico* n° 7. E.T.S.A. de A Coruña. USC. Santiago de Compostela. 1987, pp. 52-59, p. 56. Menciona a distintos autores medievales cuyos textos hacen referencia a estos aspectos y señala que aunque en la época medieval había numerosos estudios sobre el simbolismo de los números y han existido numerosas hipótesis sobre su empleo en el arte medieval, se trata casi siempre de especulaciones románticas más que de teorías con rigor científico.

<sup>70</sup> TOMASINI, M. C. C&T-Universidad de Palermo 406, pp. 53-70. "El número y lo sagrado en el arte. Segunda Parte". Disponible en <http://www.palermo.edu/ingeniería/downloads/C&T406.pdf>. [Consultado: 19/2/2009].

<sup>71</sup> Si se recurre a distintas imágenes de carácter simbólico en las tallas de capiteles y en las decoraciones de las iglesias ¿Porque no se ha de recurrir también a la utilización de otros elementos de carácter simbólico en la traza y formalización del propio edificio? Aunque su lectura no sea tan directa e inmediata como la de las tallas, sí recogen significados que los promotores, en este caso los franciscanos, y no los constructores pretenden dar a sus iglesias.

<sup>72</sup> SIMSON, O. Op. cit., p. 75.

El simbolismo medieval de las formas poligonales–relacionado con el número de lados de cada una de ellas-, dentro del contexto de la cultura cristiana medieval<sup>73</sup>, llevaría a uno de los factores que pueden intervenir en la elección de aquellas utilizadas como base para las trazas góticas, y a la esencia misma del diseño y regulación de las formas finales adoptadas en las iglesias objeto de estudio.

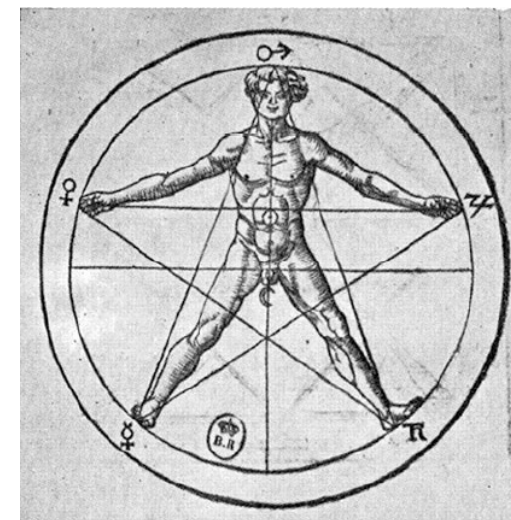
Se mencionan las siguientes: el triángulo que, asociado al número 3 –en la doctrina pitagórica es el primer número verdadero dado que tiene un comienzo, un medio y un final- como símbolo de la trinidad es un número divino ; el cuadrado, asociado al número 4, que representa lo terrestre: los 4 ríos del paraíso, los 4 vientos, las 4 estaciones –los cuatro lados del crucero-; el pentágono, asociado al número 5<sup>74</sup>, el de la armonía y la belleza, en particular del cuerpo humano<sup>75</sup> ; el heptágono, asociado al número 7, número matemático perfecto, basado en la adición del 3 y 4 (espiritual y temporal) y primer número que implica totalidad: es el número del universo y del hombre, los dones del Espíritu Santo, las virtudes, los sacramentos y los grados de la sabiduría, y 7 es el número de la semana, de la salvación, y de los pecados; y el decágono asociado al número 10<sup>76</sup>, imagen de la unidad de Dios, adición de la trinidad del Creador al septenario de lo creado y los 10 mandamientos divididos en dos partes 3 y 7 -del decágono deriva el trazado de las Capillas Mayores de las seis iglesias estudiadas, y se le considera el polígono perfecto porque, como el círculo, incluye todas las figuras planas-.

<sup>73</sup> Considerando las investigaciones de San Agustín. Véase nota 16 de, NAVARRO FAJARDO, J. C. Op. cit., p. 36. También las referencias de SEBASTIÁN, S. *Iconografía Medieval*. E. Donostia, 1988, p. 267- 268. Cfr. SIMSON, O. *Op. cit.*

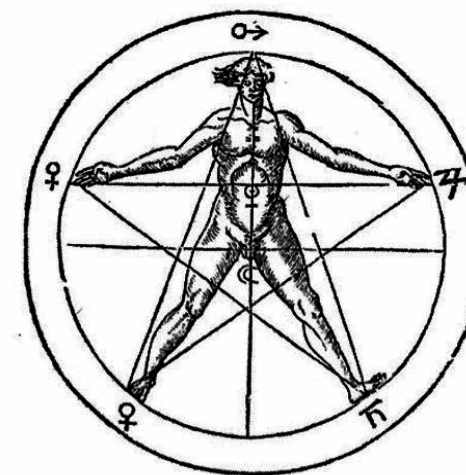
<sup>74</sup> Tanto la péntada (el número 5) como la década (numero 10) son sagrados para el pitagorismo y sus continuadores platónicos. El 5 tiene un gran simbolismo para ellos, como conjunción de los principios masculino y femenino y por tanto símbolo de la belleza, del amor y del matrimonio (2+3=5); también de lo par y de lo impar, y como número esférico o circular porque sus potencias terminan en cinco, como menor número cuyo cuadrado es suma de cuadrados ( $5^2=3^2+4^2$  presentación aritmética del triángulo divino), en relación con el Teorema de Pitágoras. Cinco son los sólidos poliedros regulares (tetraedro, octaedro, cubo, dodecaedro e icosaedro), que se conocen más tarde por el nombre de Cuerpos Platónicos al tomarlos Platón de los pitagóricos. El cinco corresponde al Pentagrama místico pitagórico, Pentalfa, o estrella de cinco puntas –obtenida al trazar las diagonales de un pentágono regular o prolongando sus lados-. Pentágono y pentagrama son figuras cuyas relaciones de formas y medidas están regidas por  $\Phi$ .

<sup>75</sup> HANI, J. Op. Cit., p. 35.

<sup>76</sup> La década se considera el número más perfecto, y símbolo del universo. Nicómaco de Gerasa expone que el Dios ordenador se sirve de la década como canon, y que todas las concordancias del universo están basadas en ella. TOMASINI, M. C. Op. cit., pp. 60. Referencia a Nicómaco de Gerasa: *Introducción a la Aritmética*. Cf. Ref. 3, cap.I.

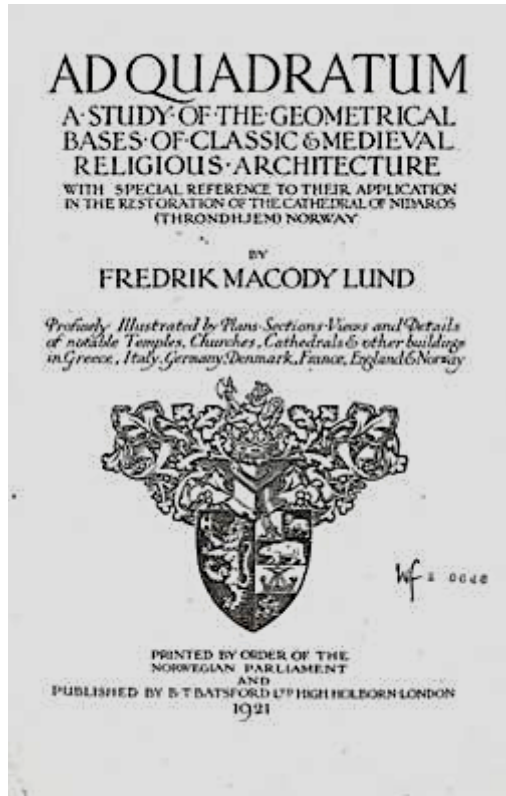


29



30

30.- Representación también atribuida a Agrippa, del pentagrama donde la figura del hombre en el centro del universo refleja la armonía de la creación. Fuente: El Código Secreto.



31

31.- Portada de la publicación "Ad quadratum" 1921.

## LA PROPORCIÓN

### Introducción

La teoría de la proporción en arquitectura, como expone Ruiz de la Rosa, esta constituida esencialmente por hipótesis, sistemas de leyes deducibles para explicar y relacionar, entre sí y la totalidad, las formas arquitectónicas que constituyen el conjunto de una obra. Se estudian dos procedimientos: los aritmético-analíticos, que se basan en números sencillos y relaciones conmensurables, aplicados a los procesos de producción arquitectónica a través de la métrica y los cánones artísticos -los que aplican en cada época, o de los que al menos se tienen referencias-, y los geométricos, de relaciones en general inconmensurables<sup>77</sup>, que se basan en figuras planas y elementales, aplicadas de manera individual o combinada en función de sus posibilidades combinatorias<sup>78</sup>. Estas teorías y la representación gráfica de la arquitectura juegan un papel predominante en el control formal de la misma -tanto en los procesos de diseño como en los de ejecución-, y son imprescindibles en su análisis.

En estos dos tipos de proporciones que se utilizan en la historia del arte, la geométrica -basada en figuras geométricas fundamentales, el triángulo equilátero, el cuadrado y el pentágono- que forma la base de la estética medieval<sup>79</sup>; y la aritmética -basada en los números enteros- que predomina en el Renacimiento, basaremos fundamentalmente nuestro análisis.

<sup>77</sup> La cuestión de las proporciones inconmensurables constituía hasta la tradición de Hipócrates de Chios, con las cuestiones conexas de la construcción del pentagrama y del dodecaedro, el secreto matemático reservado por los pitagóricos a los iniciados. En cuanto a su aplicación práctica en el ajuste proporcional de los planos arquitectónicos, especialmente para los edificios religiosos, dicho secreto parece haber formado parte de las enseñanzas confidenciales que se transmitían las familias de arquitectos y las corporaciones de artesanos de la construcción. La enseñanza profesional, como la religiosa y filosófica, era en la antigüedad de base esotérica, y se aplicaba tanto al arquitecto como al escultor y al médico. GHYKA, M. C. Estética de las proporciones.... Op. cit., p. 86.

<sup>78</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. et al: *Quatro edificios sevillanos*. C.O.A.A.O. Sevilla, 1996, p.23

<sup>79</sup> WITTKOWER, R. Op. cit., p.213. El autor manifiesta que ambas aproximaciones a la proporción derivan en ultima instancia del *Timeo*, única obra de Platón que se utiliza en todas la épocas y de la que existen copias en la mayoría de las bibliotecas medievales. Expresa igualmente que también textos medievales y renacentistas como *De Música* y *De Arthmetica* de Boecio, In *Somnium Scipionis* de Macrobio y *De Architectura* de Vitruvio se encargan de transmitir -directa o indirectamente- las concepciones matemáticas presentes en ella. Señala finalmente que "es poco probable que los constructores medievales fueran conscientes de las implicaciones cósmicas presentes en el *Timeo*; en aquel momento solo podían visualizar su obra en relación con una de estas formas geométricas básicas".

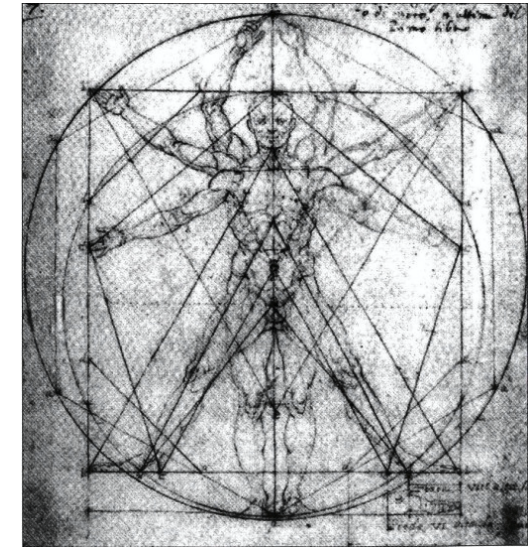


En las primeras ideas sobre simetría arquitectónica se identifica “simetría” con “la proporción, el equilibrio y la belleza”. Esta equivalencia que mantienen Policleto, Platón y Pitágoras, entre otros, queda patente con la definición vitrubiana:

*La simetría o conmensuración es, precisamente, el vínculo armónico de cada uno de los miembros del edificio ..... es la correspondencia proporcional .... De cada una de las partes consideradas entre sí, respecto a la figura global de la obra. Así como en el cuerpo del hombre la cualidad de la euritmia está conmensurada por el antebrazo, el pie, la palma de la mano, el dedo y otras partes, lo mismo ocurre con el perfecto y completo edificio<sup>80</sup>.*

La referencia de Palladio, “entiendo que los edificios deben tener un entero y bien definido cuerpo en el que un miembro convenga al otro y todos los miembros sean necesarios a aquello que se quiere hacer”, sintetiza esta vinculación arquitectónica de simetría y proporción en su aspecto global. La búsqueda del orden con simetría y proporción se refleja en los diseños medievales de las plantas, alzados, secciones, y la organización espacial y volumétrica; también está presente en todos los sub-elementos integrantes del edificio.

Como exponen Alsina y Trillas la teoría de la proporción en arquitectura tiene dos objetivos básicos: su intencionalidad visual y su intencionalidad formal<sup>81</sup>. Resulta de la síntesis de diversas aportaciones disciplinarias, entre las que conviene mencionar: la Geometría -la proporción presupone medibilidad, comparación, trazados regulares, propiedades de coordinabilidad, generación de mallas fundamentales-, la Metrología -la proporción no fija a priori las medidas reales de los objetos proporcionados ni la estructura y la utilidad determinan tales medidas, sino que son los conceptos metroológicos tradicionales, estáticos o dinámicos los que marcan el dimensionado de las tramas con proporción-, la Estética -la proporción tradicional ha sido asociada a un concepto de belleza, atractivo visual y ritmo- y la Morfología<sup>82</sup> -la



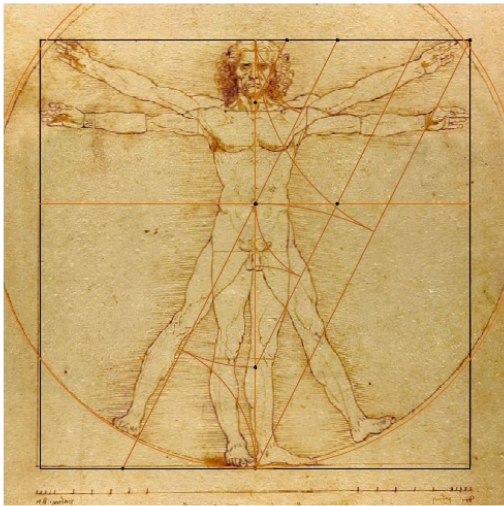
32

<sup>80</sup> ALSINA CATALA, C. y TRILLAS E. Op. cit., p. 132.

<sup>81</sup> Idem. pp. 227-228. Los autores exponen que la primera consiste en crear un orden aparente por repetición de figuras semejantes y que la segunda se basa, no en las formas, sino en el ritmo o relaciones establecidas entre ellas.

<sup>82</sup> LLORENTE DÍAZ, M. Op. cit., p. 114. Señala que “la teoría antropomórfica de las proporciones, que unifica las leyes del cosmos con aquellas del microcosmos humano, tuvo también éxito en la Edad Media. Vitrubio es un vehículo importante para la difusión de esta tradición, Vicente de Buvais resume el texto vitrubiano en el siglo XIII. La figura del hombre que extiende sus brazos hacia las formas perfectas de la geometría merodeará por la imaginación alegórica, sin aplicaciones prácticas concretas, pero contribuyendo a fijar un concepto en una imagen”.

32.- Dibujo de Leonardo que fusiona proporciones del hombre y movimiento señalando los esquemas geométricos correspondientes y que recoge Carlo Urbino, “Codex Huygens”, fol. 7. Fuente: Las proporciones humanas y los cánones artísticos.



33

proporción en Arquitectura, Escultura, Pintura, ... etc., ha estado estrechamente vinculada a la morfología del hombre<sup>83</sup>.

La traza gótica basa su existencia en la geometría y en la proporción, verdaderos principios de su orden y cohesión estética. Con la desaparición del **sistema de proporciones de la arquitectura clásica** en la época medieval, los elementos individuales no tienen una serie de proporciones aceptadas en sí mismas o en relación con las dimensiones totales del edificio sino que siguen un sistema de relaciones que se basa en la consistencia de las fórmulas geométricas<sup>84</sup>. Las razones por las que los diseñadores góticos se someten a leyes tan rígidas como las de la geometría serían, entre otras, la ausencia de unidades de medición aplicables genéricamente, que empiezan a normalizarse a partir del siglo XIII<sup>85</sup>; el que las unidades de medida sean distintas en cada lugar fomenta la utilización del sistema de proporciones para poder trasladar, aplicando la geometría, lo dibujado a la construcción. Las grandes figuras del proyecto, recurren a la geometría para dar las indicaciones y hacer respetar la concepción.

Los sistemas de proporción, además de dotar de belleza y armonía a los edificios, son una herramienta eficaz a la hora de definir la impresión y las sensaciones que el edificio ha de producir en el observador: espiritualistas si domina la dimensión de la altura; misteriosas si se exagera la profundidad; y de tranquilidad y equilibrio si manda la longitud. Como expone Lampérez y Romea cuando define las leyes de proporción de las arquitecturas de la Baja Edad Media, fundamentalmente espiritualistas, buscan en el predominio de la verticalidad el efecto ultraterreno, la relación del

---

<sup>83</sup> Ruiz de la Rosa destaca, del siglo XVII, a dos estudiosos, C. Perrault y Sir Christopher Wren como exponentes de posiciones contrapuestas sobre la relación que debe existir entre las proporciones reinantes en la naturaleza y las de las construcciones; el primero defiende que “las proporciones deducibles de la naturaleza, especialmente del cuerpo humano, no pueden ni deben ser copiadas linealmente para constituir un elemento de diseño, los sistemas de proporción son necesarios para el control de las formas, pero los determina la tradición empíricamente en función de las necesidades”. El segundo mantiene la postura opuesta: la geometría, y las proporciones que pueden derivarse de la naturaleza, constituyen el fundamento productor de belleza –aunque no se acepten normas constantes en el uso de la proporción y se otorgue margen de acción al arquitecto, la belleza *natural* depende de la geometría-.

<sup>84</sup> KOSTOF, S. *Op. cit.*, pp. 88-89. En la Baja Edad Media, después de los primeros ensayos del gótico, van desapareciendo los diseños basados en trazas modulares sencillas, generadas por simple adición o progresión aritmética y aparecen nuevos procedimientos en el diseño, que en este caso se basan en la progresión aritmética de figuras básicas: el triángulo equilátero, el círculo y el cuadrado serán los elementos esenciales del dibujo. A estas necesariamente se incorporan el pentágono y el decágono.

<sup>85</sup> RUIZ DE LA ROSA, J.A. *Traza y Simetría de la Arquitectura...* *Op. cit.*, p. 266. “La dependencia del arquitecto medieval respecto a la geometría tuvo lugar por la ausencia de unidades de medición (...)”. En esta época no existen patrones de medidas constantes y comúnmente reconocidas; las unidades varían de una provincia a otra, incluso de una ciudad a otra y con frecuencia de una cuadrilla de obreros a otra, así que es imposible acotar los dibujos.

33.- Aplicación de la sección áurea al “Hombre Vitruviano” de Leonardo.

conjunto con la escala humana<sup>86</sup> y la exageración de los efectos de la magnitud aparente, que se obtienen por las numerosas subdivisiones del espacio -tramos de una nave, maineles en una tracería, etc.-, así el observador aprecia con más facilidad las dimensiones del edificio, al tener referencias que le permiten la comparación con su propio tamaño; finalmente señala que todos los puntos principales del edificio han de estar relacionados por medio de una figura geométrica fácilmente apreciable.

## Historia

En la investigación sobre la historia de la proporción Scholfield<sup>87</sup> define tres evidencias: las escritas y directas, en algunos casos acompañadas por dibujos que revelan cómo utilizan los arquitectos los sistemas de proporción en sus proyectos<sup>88</sup> -solo a partir del renacimiento es cuando aparecen de una manera constante escritas que estudian y definen teorías sobre la proporción-; las escritas e indirectas que aportan la literatura matemática y la literatura filosófica, facilitando la interpretación de las ideas que sobre proporción existían en los períodos en que se carece de evidencias escritas y directas; y las arqueológicas, que, en algunos casos, son el camino inmediato para conocer el sistema de proporción empleado.

La obra de Vitruvio debe constituir una de las bases escritas directas del sistema de proporciones que se cree es usado en la Edad Media por maestros de obra y arquitectos; en ella nos expone, entre otros aspectos, sus ideas sobre la eurytmia y la belleza de los edificios<sup>89</sup>. Plantea que la *simetría* proviene de la *proporción* del cuerpo humano, de una correspondencia entre las medidas de los miembros de una obra entera y del conjunto con respecto a una parte escogida como modelo, el módulo. Mantiene que sin la simetría y la proporción no pueden existir principios en el diseño de un templo; es decir, no existe relación precisa entre sus partes, como sucede en el caso de un hombre

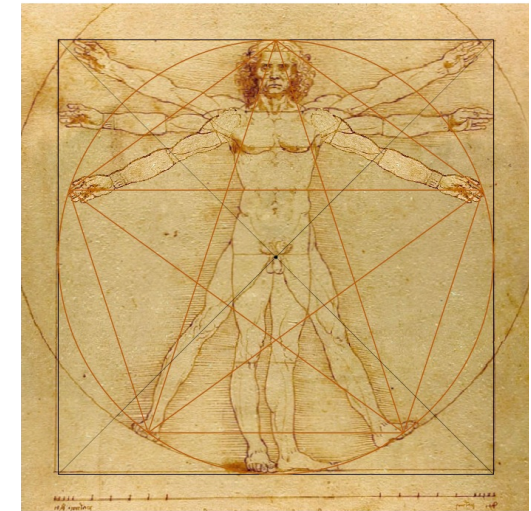
---

<sup>86</sup>LAMPÉREZ Y ROMEA, V. *Op. cit.*, p. 69. El autor señala que cuando en la arquitectura clásica se construye un templo el doble de tamaño que el otro, todo aumenta en la misma proporción. En las arquitecturas medievales no sucede así: si se eleva una catedral el doble que la otra, lo será en extensión y altura, pero no en los elementos, pues estos continúan con las dimensiones necesarias para el hombre.

<sup>87</sup>SCHOLFIELD, P. H. *Op. cit.*, p. 27. Traducción del libro *The theory of proportion in architecture*.

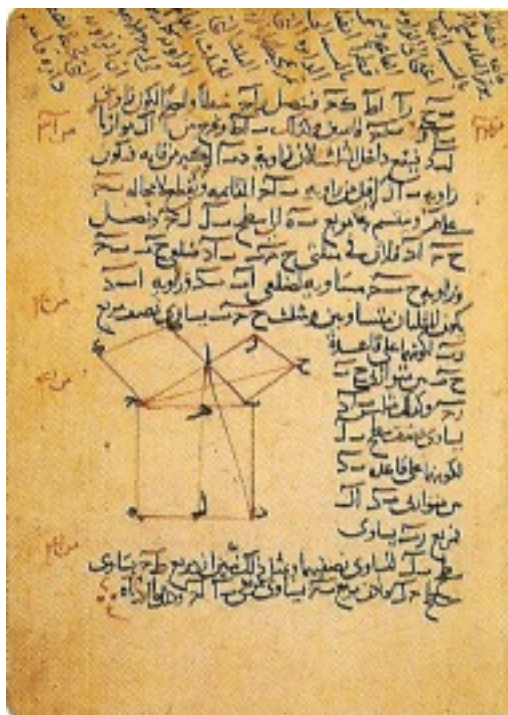
<sup>88</sup>La única evidencia escrita que sobrevive a la antigüedad son las obras de Vitruvio.

<sup>89</sup>VITRUVIO, M. L. *Los diez libros de Arquitectura*. *Op. cit.*, pp. 13 y 17. “La eurytmia es el bello y grato aspecto que resulta de todas las partes de la obra, como consecuencia de la correspondencia entre la altura y la anchura y de estas con la longitud, de modo que el conjunto tenga las proporciones debidas”. “La belleza de un edificio depende de que su aspecto sea agradable y de buen gusto por la debida proporción de todas sus partes”.



34

34.- Superposición de círculo y pentágono inscritos en el cuadrado del “Hombre Vitruviano” de Leonardo. En la reinterpretación se incorporan los brazos que definen la figura del pentágono.



35

35.- Imagen de una obra árabe del siglo XIII titulada Geometría de Euclides comentada en la que se recoge una demostración del teorema de Pitágoras. Fuente: El código secreto.

bien proporcionado<sup>90</sup>. Una de las más firmes opiniones que se conservan sobre las proporciones necesarias en los edificios las expone Vitruvio en el capítulo 1 del Libro 3:

*«La composición de la construcción de los templos depende de la simetría, cuyas reglas deben por tanto ser observadas cuidadosamente por los arquitectos. Nace la simetría de la proporción, que los griegos llaman analogía. La proporción es una correspondencia de medidas entre una determinada parte de los miembros de cada obra y su conjunto: de esta correspondencia depende la relación de las proporciones. En efecto, no puede hablarse de una obra bien realizada, si no existe una relación de proporción, regulada como lo está en el cuerpo de un hombre bien formado.»<sup>91</sup>.*

No se deben olvidar aquellos periodos anteriores a la Baja Edad Media de los que hay poca o ninguna evidencia escrita directa, ya que de hacerlo, se obtendría una imagen inadecuada de la verdadera teoría de la proporción utilizada por éstos.

Scholfield señala que como evidencias escritas indirectas se pueden considerar las numerosas referencias que hace Santo Tomás de Aquino, filósofo y teólogo medieval miembro de la Orden de los predicadores desde 1244, que estudia a Aristóteles y hereda de Grecia y de San Agustín<sup>92</sup> una teoría objetiva de lo bello; en su trabajo *Suma Teológica* señala a la proporción como elemento de belleza<sup>93</sup>. Durante la Alta Edad Media, además de San Agustín, también Boecio y Casiodoro consideran en sus escritos las concepciones estéticas de la proporción, que se fijan más en las interpretaciones cosmológicas y en las analogías musicales que en el desarrollo de la proporción como elemento artístico<sup>94</sup>.

La Edad Media prolonga la tradición de la antigüedad que enlaza los valores de la belleza en el cosmos de los números y sus relaciones proporcionales –armonía y número-. La escuela pitagórica se incorpora, a través de Platón y de las versiones del Platonismo de la Antigüedad tardía, al centro mismo de las

<sup>90</sup> PEDOE, D. *Op. cit.*, p. 20. Véase VITRUVIO, M. L. *Op. cit.*, pp. 67 y ss.

<sup>91</sup> VITRUVIO, M. L. *Idem.*, p. 67.

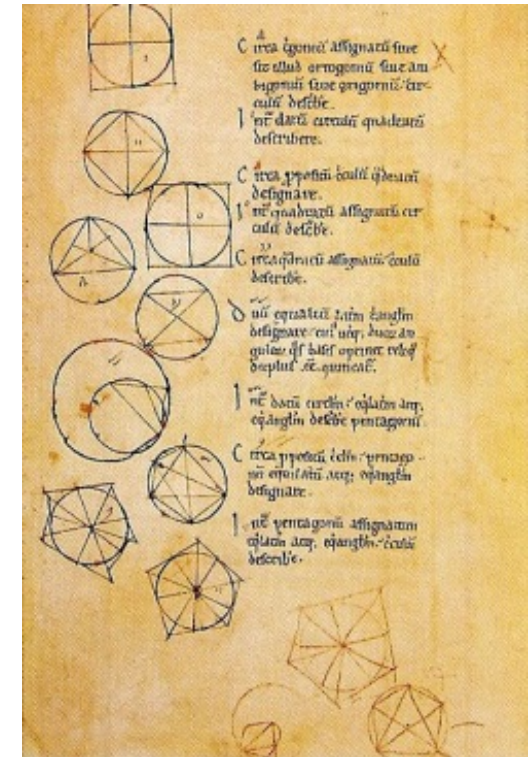
<sup>92</sup> La idea de la belleza basada en el número la enfatiza en la Edad Media San Agustín, que considera que la arquitectura es hermana de la música por cuanto ambas se basan en el número, lo que constituye la fuente de su perfección estética. SIMSOM, O. *Op. cit.*

<sup>93</sup> SCHOLFIELD, P. H. *Op. cit.*, p. 100.

<sup>94</sup> Véase ALSINA CATALÁ, C. y TRILLAS E. *Op. cit.*, pp. 246-247.

ideas de los pensadores cristianos. El pensamiento simbólico medieval propicia que se enfatice la imagen matemática de la creación y que los conocimientos sobre los números y la geometría se destinen a servir de distintivo de las construcciones de carácter religioso<sup>95</sup>. En este sentido las ideas que plantean Pitágoras y Platón sobre las relaciones matemáticas que determinan la armonía en el macrocosmos y en el microcosmos sobreviven en la Edad Media y permiten dar respuesta a los problemas arquitectónicos que se plantean en la construcción de los templos. Cada parte del edificio ha de estar integrada en un mismo sistema, el arquitecto no puede aplicar a un edificio cualquier procedimiento de proporciones, las relaciones proporcionales han de responder a razones de orden superior y han de reflejar las del cuerpo humano. En la época bajomedieval se recoge una idea que se manifiesta con claridad en el Renacimiento: “Así como el hombre fue creado a imagen de Dios y las proporciones de su cuerpo son producto de la voluntad divina, las proporciones arquitectónicas tienen que adaptarse y expresar el orden cósmico”<sup>96</sup>.

En el periodo en que se desarrolla la arquitectura gótica es fundamental también la importancia de las pistas que proporciona la historia de los estudios matemáticos, como la aparición a partir del siglo XII de traducciones del árabe al latín de los *Elementos* de Euclides<sup>97</sup> -que se convierten en el texto básico de formación geométrica-. Otros textos sobre matemática propios de la ciencia árabe generan un gran interés por la geometría que se manifiesta en la arquitectura de la época<sup>98</sup>. Aparece también en el siglo XII la “*Practica Geometriae*” atribuida a Hugo de San Víctor<sup>99</sup> (c. 1097-1141, teólogo



36

<sup>95</sup> LLORENTE DÍAZ, M. Op. Cit., pp. 112-113. En nota 55 de la autora, indica que la simbólica propia de la estética de la Edad Media está tratada ampliamente por Edgar de Bruyne, véase de este autor *La estética de la Edad Media*. Visor, Madrid, 1987.

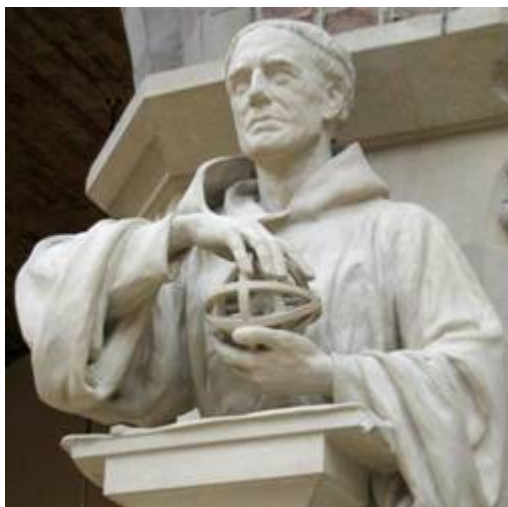
<sup>96</sup> WITTKOWER, R. Op. cit., p.145.

<sup>97</sup> Aunque fragmentos de la teoría euclidiana son conocidos en Occidente gracias a la traducción muy parcial de Boecio (sobre el año 500), la mejor traducción la realiza en Toledo Gerardo de Cremona. Es necesario destacar a autores eclesiásticos medievales que escriben sobre los escritos de Euclides: el dominico Alberto Magno (1200-1280), el franciscano Roger Bacon (1214-1294), el arzobispo de Canterbury Thomas Bradwardine (1295-1349) y el capellán del Papa Giovanni Campano de Novara (c.1220/30-1296). MILLÁN GASCA, A. *Euclides. La fuerza del razonamiento matemático*. Nivela libros y ediciones. Madrid, 2004, p. 137.

<sup>98</sup> “La relación de la teoría de la proporción matemática de Euclides con el problema de la proporción arquitectónica dista mucho de ser evidente, pero lo que los arquitectos sí aprendieron de Euclides fue la construcción y el uso de las figuras geométricas”. A modo de ejemplo el autor señala que no se necesitaba ir demasiado lejos para construir un triángulo equilátero por el método que utiliza la figura del *vesica piscis*. SCHOLFIELD, P. H. *Op. cit.* pp. 100-101. La teoría euclidiana proporciona el marco conceptual y el lenguaje con el que los estudiosos medievales de la ciencia formulan las leyes de la naturaleza y las propiedades matemáticas.

<sup>99</sup> Véase, SAN VICTOR, H. *Practical geometry*. Traducción del latín, introducción, notas y apéndices de Frederick A. Homán, S. J. Marquette University Press. Milwaukee, Wisconsin, 1991.

36.- Página de una copia medieval en latín de los elementos de Euclides. Fuente: El Código Secreto.



37



38

37.- Estatua del franciscano Roger Bacon estudioso de los escritos de Euclides. Disponible en: <http://www.csa.com/discoberyguides/medieval/review8.php>.

38- Retrato del franciscano Luca Pacioli atribuido a Jacobo de Barbari (1495).

educado en la Orden de San Agustín) donde reaparece la distinción entre geometría teórica –la que investiga los espacios e intervalos mediante la sola especulación racional- y la práctica –que lo hace mediante instrumentos-<sup>100</sup>.

Es un hecho que **la actividad arquitectónica recurre a la matemática** y particularmente a la geometría, de un modo singular en la Baja Edad Media, y también que los grandes estudiosos e investigadores de esta ciencia, como señalamos, se encuentran en el ámbito eclesiástico, en los monasterios y sus centros de estudio, destacando, entre otros, algunos mendicantes. Esta circunstancia lleva a la conclusión de que los frailes y sus maestros de obra no son ajenos a estos conocimientos **y a sus conexiones de carácter simbólico**, y que por tanto recurren a ella en numerosas ocasiones no solo para el dimensionado, sino para que incorpore una armonía de proporciones que constituya un todo.

La geometría no recupera el protagonismo alcanzado en la cultura griega hasta la Baja Edad Media, después de un periodo de estancamiento e incluso de retroceso. Es a partir del siglo XII cuando, como plantea Ruiz de la Rosa:

*“se desarrolla el sofisticado código formal gótico, cuya base instrumental reside en la geometría de los polígonos regulares y sus asociaciones en cadenas inscritas o circunscritas en progresión geométrica, que permiten el diseño de todo el repertorio formal, libre del atado métrico y con facilidad para su transmisión; acompañado de ciertas relaciones numéricas sencillas de tradición empírica, como apoyo ocasional, y cierto pragmatismo de la estática y resistencia de los materiales. Se complementa con la representación gráfica y los modelos o plantillas para el trabajo de cantería”<sup>101</sup>.*

La creación de la escuela de traductores de Toledo<sup>102</sup>, y con ello la recuperación de conocimientos del mundo clásico en el campo de la geometría, es esencial para su desarrollo. Así, la traducción del Libro V de los *Elementos* de Euclides se encuentra en los orígenes de todo desarrollo de la teoría de las proporciones y sus aplicaciones en el ámbito de la arquitectura. La teoría euclidiana proporciona el marco conceptual y el lenguaje en que los estudiosos de la ciencia han formulado las leyes de la naturaleza y las propiedades matemáticas.

<sup>100</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Traza y Simetría...* Op. cit., p. 200.

<sup>101</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. *RA. De Geometría...*Op. cit, pp. 22-32. RUIZ DE LA ROSA, J. A et al. *Quatro edificios...*Op. Cit., p.35.

<sup>102</sup> Fundada por Raimundo, obispo de Toledo (1126-1151). RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Traza y Simetría....* Op cit., p. 198.

Es en el siglo XIII cuando aparecen las primeras obras conocidas sobre geometría práctica, escritas en lengua vulgar y dirigidas a profesionales de los oficios, como la anónima *“Pratike de Geometrie”* en dialecto picardo y la probablemente más conocida *Cuaderno de Notas* de Villard de Hônecourt<sup>103</sup>, que parece seguir la tradición constructiva de los gremios. Dichas obras son testimonio de la denominada *“geometria fabrorum”*<sup>104</sup>, que será el instrumento más importante de control formal en el gótico; de ella expone Ruiz de la Rosa:

*“... que en esta geometría constructiva, como la denomina Shelvy, se toman los necesarios conocimientos de geometría teórica no como valor en sí, sino como instrumento para control de las formas a construir. Además, su naturaleza no es de carácter métrico sino que consiste en construcciones con regla y compás a las que finalmente se dará un tamaño real”*<sup>105</sup>.

El incremento en la complejidad de las construcciones góticas da un protagonismo cada vez mayor a sus métodos<sup>106</sup>, que mediante fórmulas geométricas sencillas permiten coordinar la totalidad de los elementos y detalles de la construcción. Utiliza trazados proporcionales que enlazan unos elementos con otros con independencia de la unidad de medida empleada y se apoya en otros recursos no necesariamente geométricos, que proceden también de los conocimientos empíricos que atesoran los gremios y que transmiten oralmente en sus talleres. Estos son los artífices principales de la arquitectura de la Baja Edad Media<sup>107</sup>.

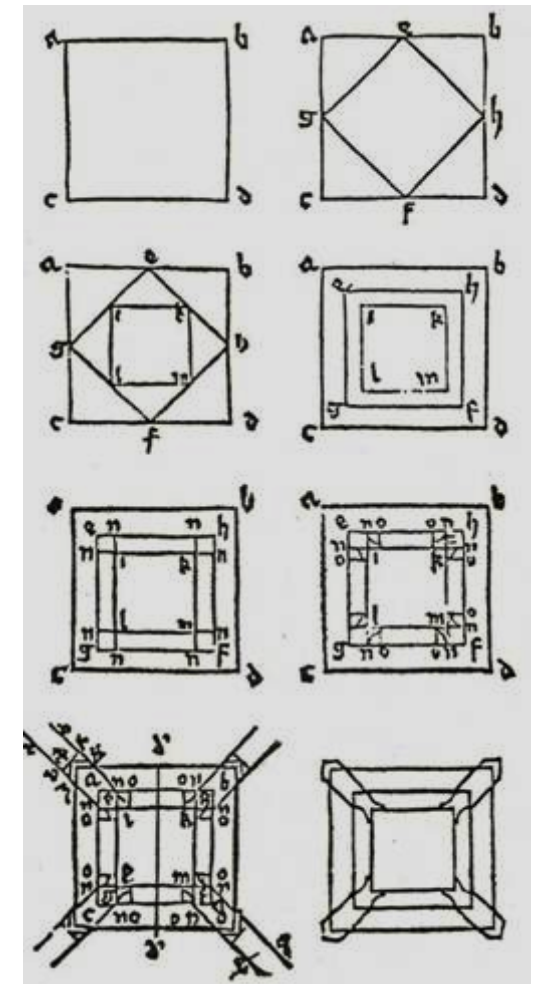
<sup>103</sup> Véase ERLANDE-BRANDENBURG, A. et al: *Villard de Honnecourt. Cuaderno*. Ediciones Akal. Madrid, 2001. El cuaderno con anotaciones posteriores realizadas por otro maestro es el único testimonio que se conserva del siglo XIII sobre lo que se denomina *“geometria fabrorum”*; contiene dibujos destinados probablemente a los canteros y da consejos sobre albañilería, carpintería, etc. Confirmaría la existencia de la representación planimétrica a lo largo de la Edad Media. En sus dibujos utiliza como base formas geométricas elementales: el triángulo, el cuadrado y el pentágono, y en algunas láminas plantea soluciones mediante recetas de geometría práctica en las que recurre a construcciones sencillas realizadas con escuadra y compás.

<sup>104</sup> Denominación que se utiliza para designar una tradición que se remonta al menos a los tiempos de Herón de Alejandría, y que se vendría transmitiendo desde entonces en el seno de los gremios. RUIZ DE LA ROSA, J. A.: *Traza y Simetría...* Op. cit., p. 202.

<sup>105</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Geometría fabrorum o la antítesis...*Op. cit., pp. 52-59, p. 56. Es evidente que los gremios utilizan leyes muy simples que les permiten generar y coordinar formas tan complejas como las de una iglesia gótica.

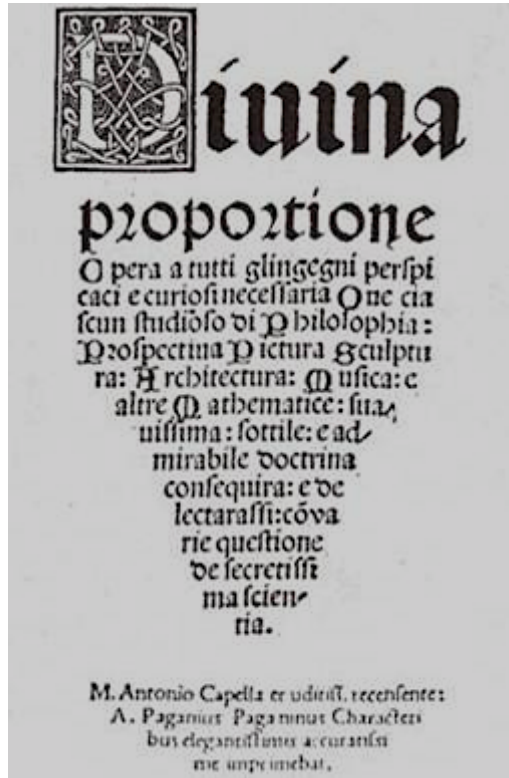
<sup>106</sup> La exactitud del trazado geométrico es una cualidad que aparece al mismo tiempo que el gótico incrementa su ambición constructiva. De todos modos no se abandonan totalmente los métodos métricos de la arquitectura monacal de la Alta Edad Media.

<sup>107</sup> Véase RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Geometría fabrorum o la antítesis...*Op. cit. pp. 52-59, p. 58; y *Traza y Simetría...* Op. cit., pp. 202-203.



39

39- Secuencia de trazado de la planta de un pináculo, Roriczer, Wurzburg, Universitätsbibliothek, (fol. 3ª4v). Fuente: *Traza y Simetría de la Arquitectura*.



40

40.- Imagen de la Portada de la edición impresa en Venecia en 1509 del libro "Divina proportione" de Luca Paccioli.

41.- Representación realizada por Francesco di Giorgio, de la figura vitrubiana. *De Harmonia Mundi Tutius*, Venecia, 1525.

42.- Representación recogida en la edición de Fra Giocondo de Vitrubio, Venecia, 1511.

## Tratados

Los tratados medievales, escasos, son más bien compilaciones de uso práctico o recetarios destinados a los maestros de obra como los ya mencionados "Pratike de Geometrie" y el *Cuaderno de Notas* de Villard de Hônecourt<sup>108</sup>, y el considerado más antiguo, el "Libro de la rectitud de los pináculos" escrito por M. Roritzer<sup>109</sup> - maestro de obras de la catedral de Ratisbona- impreso en 1486, que propone la geometría como medio de dar la "justa medida" de las formas<sup>110</sup>. En la introducción escribe que es "la primera vez que se ponen por escrito los métodos del cantero que, sobre el fundamento de la geometría, puede llegar a determinar con el compás las proporciones correctas de los distintos elementos de un edificio"<sup>111</sup>.

Es fundamentalmente a través de tratados escritos en el Renacimiento cómo nos llega más información de los estudios de proporción, los trazados, los procedimientos y las construcciones geométricas utilizados en la Baja Edad Media. Conviene señalar, entre otros, al menos a tres autores: Luca Paccioli, Francesco di Giordi y Alberto Durero.

El franciscano Luca Paccioli, es una referencia obligada en este trabajo. Solo se imprimen dos de sus obras: *Summa di Arithmetica, Geometria, Proportioni et Porporcionalità* -impreso en Venecia en 1494 y que trata de ser una especie de enciclopedia del saber matemático y geométrico de la época-, y *De Divina Proportione*<sup>112</sup> -que concluye en 1497 y se imprime en 1509 en Venecia-. Señala

<sup>108</sup> Véase ERLANDE-BRANDENBURG, A. et al. *Op. cit.*, El cuaderno, con anotaciones posteriores realizadas por otro maestro, es el único testimonio que se conserva del siglo XIII sobre lo que se denomina "geometría fabrorum"; contiene dibujos destinados probablemente a los canteros y da consejos sobre albañilería, carpintería, etc. Confirmaría la existencia de la representación planimétrica a lo largo de la Edad Media. En sus dibujos utiliza como base formas geométricas elementales: el triángulo, el cuadrado y el pentágono y en algunas láminas plantea soluciones mediante recetas de geometría práctica en las que recurre a construcciones sencillas realizadas con escuadra y compás.

<sup>109</sup> RORITZER, M. *Das Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit und Die Geometría Deutsch*. Edición facsímile de las realizadas en 1486 y 1487/88. Hürtgenwald Guido Pressler, 1999.

<sup>110</sup> En él expone cómo con el apoyo del compás y la regla se puede dibujar una planta de proyecciones con las diferentes plantas de los distintos niveles del pináculo, disponiendo en relación proporcional sus medidas y deduciendo posteriormente el alzado.

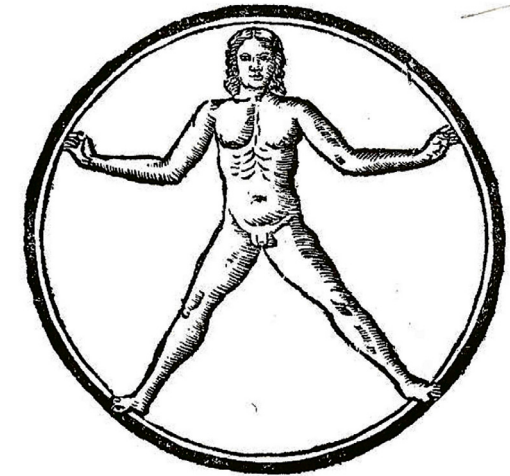
<sup>111</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Traza y Simetría...* Op. cit., p. 295.

<sup>112</sup> PACIOLI, L. *La Divina proporción*. Akal. Madrid, 1991. En la explicación sobre el título de su tratado -Capítulo V, pp. 41-42- Pacioli expone que este se debe a las numerosas **correspondencias y semejanzas que encuentra en esta proporción, que corresponden a Dios mismo**. De estas significa cuatro sobre las demás. "La primera es que ella es una sola y no más, y no es posible asignarle otras especies ni diferencias. Y dicha unidad es el supremo epíteto de Dios mismo, según toda la escuela teológica y también filosófica. La segunda correspondencia es la de la Santa Trinidad, es decir, que, así como *in divinis* hay una misma sustancia en tres personas -Padre, Hijo y Espíritu Santo-, de igual modo una misma proporción se encontrará entre tres términos, y nunca de



Antonio M González<sup>113</sup> cómo algunos historiadores de la ciencia ponen de manifiesto la escasa originalidad de Paccioli, aunque resaltan el papel de gran recopilador y divulgador de la cultura científica. Aborda extensamente el tema de la proporción y referencia a Platón –su *Timeo*- y a Euclides –sus *Elementos*- como los verdaderos padres de la Teoría de la Proporción. Estas obras son sus fuentes más importantes aunque utiliza otras que provienen de la Edad Media y del humanismo de la época; así expone González que “Si no fuera porque gran parte de sus reflexiones conectan con las preocupaciones del momento, *De Divina Proportione* podría considerarse una obra medieval”<sup>114</sup>. También, como recoge Wittkower, aparece en esta obra el concepto Vitruviano de armonía y proporción enmarcado en un contexto metafísico. Así, expone Paccioli que “Primero hablaremos de las proporciones del hombre por que todas las medidas y sus denominaciones derivan del cuerpo humano y en él se hallarán todas las proporciones y relaciones mediante las cuales Dios revela los más íntimos secretos sobre la naturaleza”, afirmando también que “Después de haber considerado la adecuada disposición del cuerpo humano, los antiguos aplicaron sus proporciones en todas sus obras, particularmente en los templos. Y es que en el cuerpo humano encontraron las dos figuras sin las cuales no es posible lograr nada a saber: el círculo [...] y el cuadrado”<sup>115</sup>.

Aunque menos conocido pero relacionado con la arquitectura, es necesario mencionar a Francesco di Giorgi, fraile franciscano neoplatónico, acreditado estudioso de aspectos relacionados con la proporción, que recoge no solo las teorías de la antigüedad clásica sino también referencias bajo medievales basadas en ella. Publica en Venecia, año 1525, *De Harmonia Mundi Tutius* -amplio



41

---

más o de menos, como se dirá. La tercera correspondencia es que, así como Dios no se puede definir ni puede darse a entender a nosotros mediante palabras, nuestra proporción no puede nunca determinarse con un número inteligible ni expresarse mediante cantidad racional alguna, sino que siempre es oculta y secreta y es llamada irracional por los matemáticos. La cuarta correspondencia consiste en que, así como Dios nunca puede cambiar y está en todo El en todo y todo en todas partes, de igual modo que nuestra proporción es siempre, en toda cantidad continua y discreta, grande o pequeña, la misma y siempre invariable, y de ninguna manera puede cambiar ni de otro modo puede aprehenderla el intelecto, como nuestra explicación demostrará. La quinta correspondencia puede añadirse no sin razón a las cuatro anteriormente citadas: así como Dios confiere el Ser a la virtud celeste, por otro nombre llamada quinta esencia, y mediante ella a los otros cuerpos simples –es decir, a los cuatro elementos, tierra, agua, aire, y fuego-, ... En la edición de 1509, además del manuscrito se publican dos trabajos, uno de los cuales se titula *Tractato de architectura*.

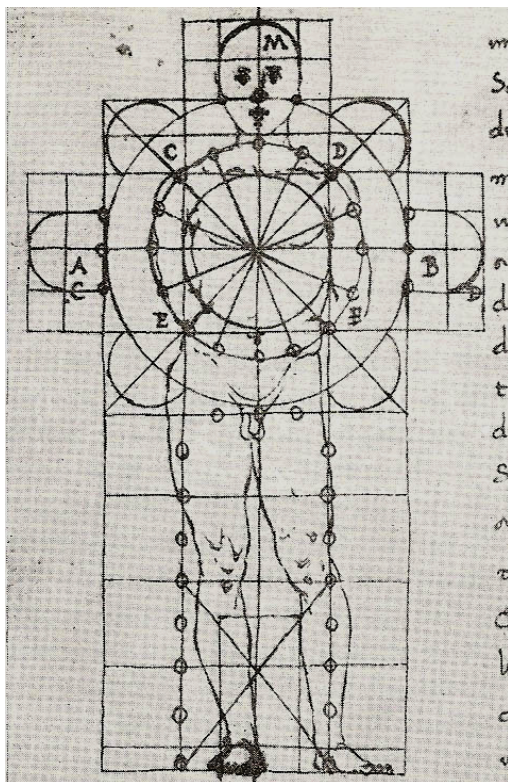
<sup>113</sup> En el texto de la introducción del libro PACIOLI, L. *La Divina proporción*. Op. cit.

<sup>114</sup> Idem. P.19.

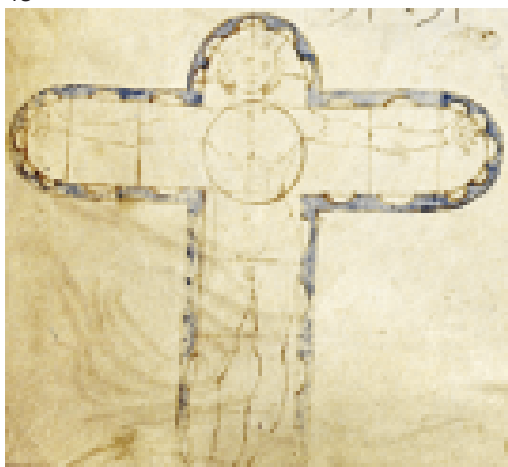
<sup>115</sup> WITTKOWER, R. Op. cit., pp. 31-32. También en PACIOLI, L. Op. cit. destaca A. M. González, en la introducción las referencias que hace el autor, tanto en el Proemio como en el primer capítulo, a las concepciones antropomórficas y antropocéntricas de las proporciones y de la arquitectura. Todas las medidas, afirma, se derivan del cuerpo humano y en él están señaladas por el dedo del Altísimo toda suerte de proporciones y proporcionalidades respecto a sus miembros.



42



43



44

tratado sobre la armonía del universo<sup>116</sup>. En él combina la doctrina cristiana con el pensamiento neoplatónico impulsando de nuevo la antigua creencia en la eficacia de ciertos números y relaciones proporcionales<sup>117</sup>. En su tratado se encuentra una ilustración derivada de Vitrubio (fig. 41) –*homo ad circulum*– cuyo significado cósmico, por el título solo hace referencia a una de las dos ideas del autor, el hombre inserto en un círculo como imagen del mundo, tiene un carácter dual; a través del mundo visible y corporal, revela la relación intelectual e invisible existente entre el alma y Dios, ya que Dios en la “*intelligibilis sphaera*”. El autor interpreta la figura a la luz de la geometría mística del neoplatonismo plotiniano<sup>118</sup>. También recoge y demuestra cómo unificar orgánicamente la parte centralizada y la longitudinal en el diseño de una iglesia mediante la inscripción de una figura humana (figs. 43 y 44).

Otro tratado que por su contenido puede considerarse “en la tradición de los tratados prácticos medievales” es el escrito por Alberto Durero: “*Enseñanza de la medida con la ayuda del compás y de la regla*”. Editado en el siglo XVI, retoma los temas planteados por Roritzer y Lechler<sup>119</sup> y continúa con la tradición euclidiana gracias a los trabajos de Fibonacci (c. 1170-1250), Campanus de Novara (c. 1220-1296), Bradwardine (arzobispo de Canterbury, c. 1290-1349), y Oresme (obispo de Lisieux, c. 1323-1382)<sup>120</sup> que hacen que Durero disponga de varias versiones de las teorías de Euclides.

<sup>116</sup> TOMASINI, M. C. Op. cit., p. 66. La autora señala que en este tratado Giorgi “combina la doctrina cristiana con el pensamiento pitagórico y neoplatónico”, también sugiere edificar el *Templo-microcosmo* a semejanza del *universo-macrocosmo*, siguiendo las proporciones de la escala tonal pitagórica: diapasón (1:2), diapente (2:3), diateserón (3:4), etc.”

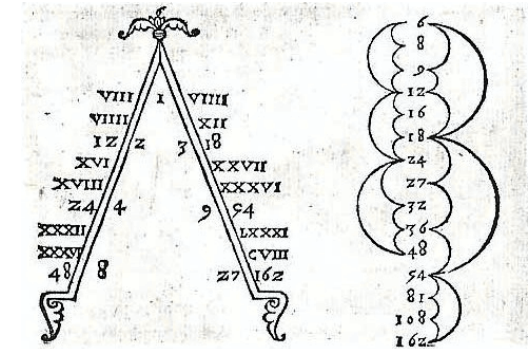
<sup>117</sup> WITTKOWER, R. Op. cit., pp.146-147. Producto y aplicación práctica de las teorías que expone en su tratado es el memorándum que elabora sobre la iglesia veneciana de San Francesco della Vigna. Véase traducción del documento en el apéndice I del libro, pp. 197-199. En este estudio Girorgi propone que la anchura de la nave sea de nueve pasos, ya que nueve es el cuadrado de tres, y que su longitud sea de veintisiete pasos –tres veces nueve-. El cuadrado y el cubo de tres reflejan para él las consonancias del universo, tal como expone Platón en el *Timeo*. Giorgi, además de preocuparse de la definición matemática de las medidas, plantea su aplicación a la teoría musical, en su diagrama (fig. 45) recoge la serie 6, 8, 9, 12, 16, 18, 24, 27, 32, 36, 48, 54, etc. como base de un sistema de proporciones que, como expresa el autor, “es lógico suponer que no se trata de una casualidad, sino del resultado de reflexiones basadas directa o indirectamente en la división pitagórico platónica de la escala musical”, véanse pp. 150-156.

<sup>118</sup> Idem., p.32.

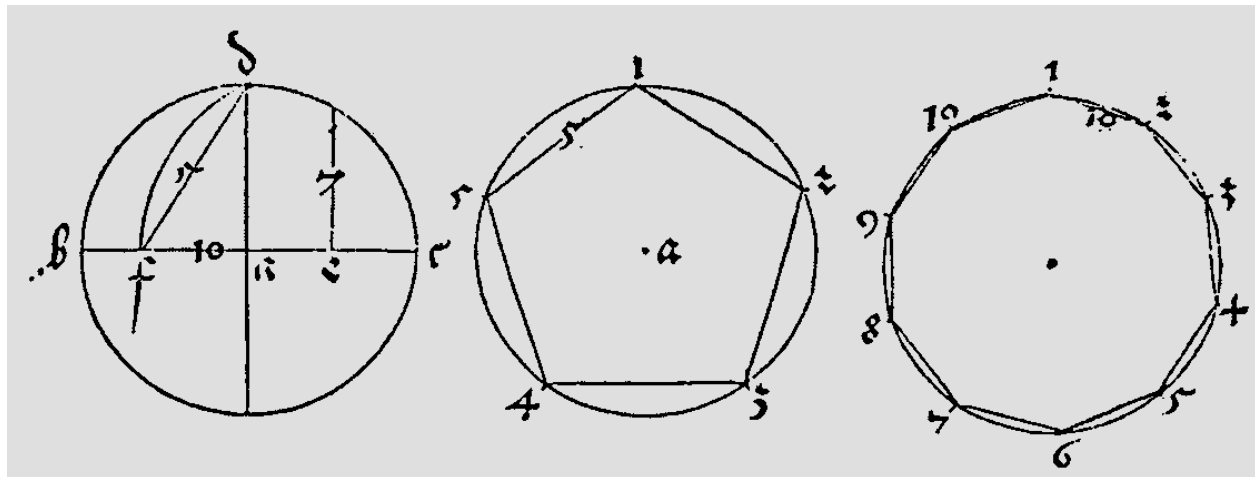
<sup>119</sup> RECHT, R. *Le dessin d'architecture*. Adam Biro, Paris, 1995, p. 113.

<sup>120</sup> DURERO, Al. *De la medida*. Alberto Durero. Edición de Jeanne Peiffer. Akal. Madrid, 2000.

En España, la gran importancia del manuscrito de **Simón García**, *Compendio de Architectura y simetría de los Templos*<sup>121</sup> -dedicado en buena parte a la enseñanza de trazados de monumentos góticos, muestra algunos sistemas de geometría elemental-, radica, como señala Lampérez, en que las reglas geométricas y de trazado y proporcionalidad que utiliza son producto de la tradición de la época medieval de las grandes Catedrales españolas<sup>122</sup>. Lo que más nos interesa de su contenido es el estudio que hace del trazado y la composición de los templos, tanto en planta como en alzado, en los que aplican principios vitruvianos de proporción antropomórfica o utiliza módulos geométricos<sup>123</sup>.



45



47

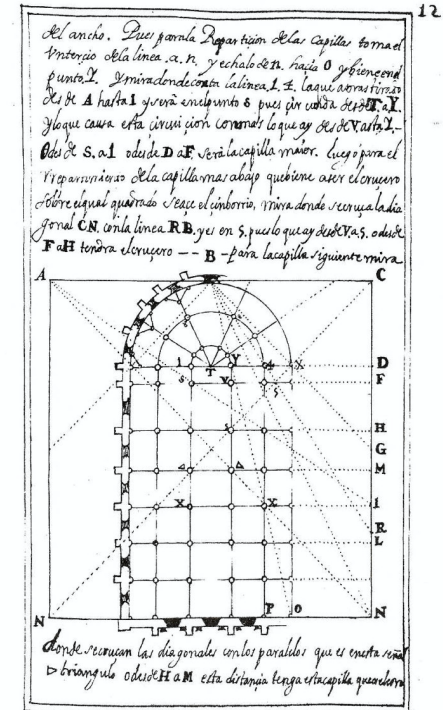
<sup>121</sup> GARCÍA, S. *Compendio de architectura y simetría de los templos*. Año 1681. Edición facsímil publicada por el COAV, Valladolid, 1991. Trata de diversas materias sobre la práctica de la arquitectura, casi todas ellas provenientes de un manuscrito suscrito por Rodrigo Gil de Hontañón, maestro de las catedrales de Segovia y Salamanca.

<sup>122</sup> LAMPÉREZ Y ROMEA, V.Op. cit., p. 70.

<sup>123</sup> CHAFÓN OLMOS, C. Simón García y la proporción geométrica, en *Compendio de architectura y simetría de los templos*. Año 1681. Edición facsímil publicada por el COAV, Valladolid, 1991, pp. 31-42. Estos aspectos quedan recogidos en el manuscrito de Simón García en el capítulo V, que trata del repartimiento de los templos por *lometría*, el capítulo VI, sobre los templos y sus alturas con reglas generales y el capítulo XVI en el que prosigue y da reglas generales para la disminución de las dichas columnas y para otros casos, tiene el interés de aportar procedimientos que distintos autores identifican como sistemas góticos de trazado.



46



43 y 44.- Plantas de iglesia en correspondencia con las proporciones de la figura humana, representaciones realizadas por Francesco di Giorgio. La primera es un dibujo del Codice Magliabechiano (Cod. II. I. 141), Bibl. Naz., Florencia. La segunda, que recoge el trazado de una planta para iglesia, pertenece al Codex Ash 361, fol. 10v, Biblioteca Laureniana, Florencia. Fuentes: Wittkower, R. y Simson.

48

45.- Esquema de lambda de F. Di Giorgi en *De Harmonia Mundi*, 1525. Fuente: R. Wittkower.

46.- Autorretrato de Alberto Durero, 1500.

47.- Trazado que recoge Durero, en su tratado, de un pentágono y un decágono regulares inscritos en un círculo. La longitud **df** es el lado del pentágono y la **fa** el lado del decágono.

48 y 49.- Imágenes de la portada y de uno de los trazados del manuscrito de Simón García, *Compendio de Architectura y simetria de los templos*, 1681.

Los contenidos y las referencias a la tradición medieval, la geometría y los trazados que contienen estos tratados los convierten en referencias obligadas a la hora de realizar los análisis de esta investigación, aunque finalmente los resultados obtenidos no permiten plantear ninguna relación con los trazados medievales que se utilizan en las iglesias franciscanas de Galicia.

### La proporción áurea. El número de oro.

Dividir un segmento en dos partes de manera que el segmento total sea al subsegmento mayor como este lo es al menor, esto es, establecer proporción continua entre el todo y las partes, origina una de

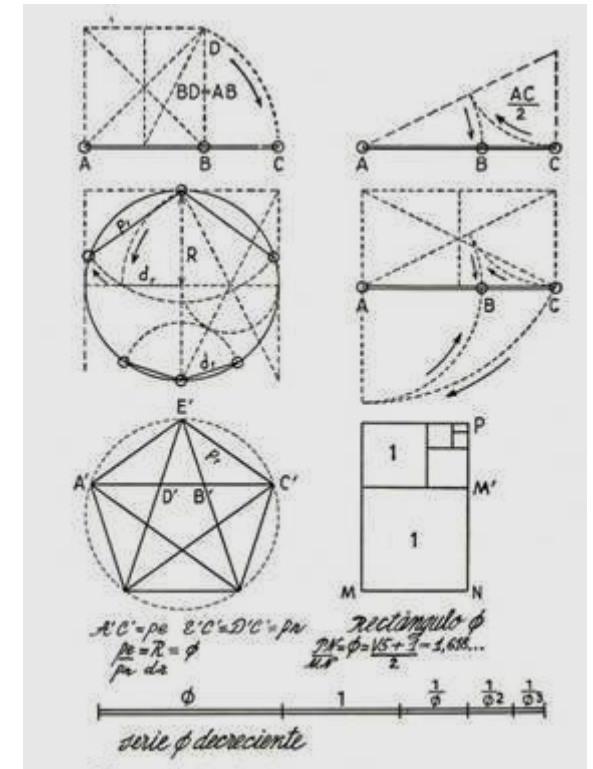
las proporciones más notables y que más ha interesado en la historia, denominada por Paccioli *proporción divina*, por Leonardo da Vinci *sección áurea* y por Kepler *sección divina*, y número de oro o de Dios al valor numérico  $\Phi = 1,618033988\dots$ <sup>124</sup>.

*“La geometría tiene dos grandes tesoros: uno es el teorema de Pitágoras; el otro es la división de un segmento en razones extrema y media. El primero lo podemos comparar con una pieza de oro; al segundo lo podemos considerar como una preciosa joya”*<sup>125</sup>.

Kepler

Una de las propiedades más relevantes de la sección áurea –también desde el punto de vista de su utilización histórica- es la presencia del número de oro en multitud de proporciones entre elementos de polígonos regulares: pentágono, decágono -el lado del pentágono regular y su diagonal están en dicha proporción de igual modo que el lado del decágono regular y el radio de su circunferencia circunscrita- y estrellas pentagonales y decagonales, como consecuencia de que  $\Phi$  sea igual a  $2 \cdot \cos \pi/5$  dado que el ángulo de  $36^\circ$  o  $\pi/5$  subyace en ellos<sup>126</sup>.

Suscita esta proporción un particular interés dado que las Capillas Mayores de las iglesias mendicantes gallegas y concretamente las franciscanas derivan del decágono. Esto, además de las evidencias que señalan el interés de ilustres investigadores mendicantes por la geometría, hace pensar en el uso de la geometría del pentágono y el número áurico<sup>127</sup> como base de los trazados reguladores de planta y alzados de sus iglesias conventuales. Aparece la proporción áurea –procedente de la geometría del pentágono y del decágono-, y los trazados reguladores, derivados de la geometría del círculo y los polígonos inscritos, que son portadores de la inconmensurabilidad, que garantizan un instrumento de ilimitadas posibilidades, fácil manejo, sencillo replanteo y que permite eludir los problemas que origina el uso de las escalas.



<sup>124</sup> Véase GHYKA, M. C. Op. cit., pp. 27-28. Y ALSINA CATALÁ, C. y TRILLAS E. Op. cit., pp. 236 y ss.

<sup>125</sup> Texto extraído de PEDOE, D. Op. Cit. p. 63.

<sup>126</sup> ALSINA CATALA, C. y TRILLAS E. Op. cit., p. 238.

<sup>127</sup> Dos traductores y estudiosos de los elementos de Euclides son miembros de las órdenes mendicantes –véase nota 96 del capítulo—, otro gran estudioso de la geometría, L. Paccioli, también era franciscano. Las teorías Euclídeas e hipocráticas, esoterismo Platónico y Neoplatónico, y un buen conocimiento de la Geometría, permiten generar un instrumento de proporción de tal potencial, que difícilmente una composición que se pretenda analizar puede escapar a dicho control; es más, distintos trazados reguladores son susceptibles de controlar la misma composición.

## Metrología

Como expresan Jiménez y Pinto:

*“Antes de entrar en la cuestión advertiremos que en épocas en las que los oficianes de la Arquitectura y la Construcción eran casi siempre analfabetos y las operaciones matemáticas más elementales no eran de dominio público, los sistemas metrológicos ahorraban casi siempre la realización de cálculos escritos, primando los gráficos o las simples recetas nemotécnicas”<sup>128</sup>.*

En el estudio sobre los aspectos relativos al trazado y proporciones de una obra arquitectónica es conveniente conocer la unidad de longitud utilizada ya que lo que en metros puede parecer una longitud arbitraria corresponde seguramente a un número exacto de unidades medievales locales. Esto conlleva un aspecto a considerar y analizar en la investigación, el de la metrología, o lo que es lo mismo, el estudio de aquellos patrones usados en la época bajomedieval para la definición de las cualidades métricas de un edificio. Haremos hincapié fundamentalmente en las unidades de longitudes utilizadas en cada una de las áreas geográficas donde se sitúan los templos. Para esto consideraremos como referencia las definidas con el intento de unificación planteada a principios del siglo XIII en el reino de Castilla. Los distintos patrones de medidas existentes en cada una de las zonas de emplazamiento de cada templo no son más que reflejo del complejo y caótico panorama histórico de la metrología de España en general y de Galicia en particular.

Después de múltiples intentos por confeccionar un reglamento duradero que sirviera de base en la ordenación de la metrología en la península y después de la práctica desaparición del sistema metrológico romano, no es hasta el siglo XIII que se constituye el acta fundacional del primer sistema de pesas y medidas castellano con el privilegio enviado por Alfonso X el Sabio a Toledo y fechado en Sevilla el 7 de marzo de 1261. Se trata de un documento que designa y por tanto unifica las pesas y medidas del reino y sus unidades fundamentales con los patrones materiales correspondientes<sup>129</sup>,

---

<sup>128</sup> JIMÉNEZ MARTÍN, A. y PINTO PUERTO, F. *Levantamiento y análisis de edificios. Tradición y futuro*. Universidad de Sevilla. Sevilla, 2003, p. 136.

<sup>129</sup> SASTRE ZARZUELA, E. y ROLLÁN MÉNDEZ, J. M. *Estudio de la medida: historia, léxico, equivalencias*. Junta de Castilla y León, Segovia, 2004, p. 22. Este privilegio establece y presenta las bases que sirven de guía de las nuevas reformas y ordenamientos que se han de producir con el tiempo. Los autores señalan que el origen de la vara es incierto; extendida por el Mediterráneo occidental en la época de Alfonso X, equivale a tres pies romanos. El conjunto de equivalencias era 1 vara = 2 codos = 3 pies = 4 palmos = 36 pulgadas = 48 dedos = 192 granos de cebada.

entre ellos la vara castellana. Posteriormente esta vara o vara de Toledo, que equivale a tres pies romanos, es sustituida por la de Burgos, de menor dimensión -13 varas de Burgos son equivalentes a 12 de Toledo-, cuya longitud es igual a 835 milímetros y nueve décimas <sup>130</sup>.

Aunque en Galicia carecemos de testimonios directos de la época bajomedieval sobre los patrones de longitud utilizados y su equivalencia en metros, la referencia de la vara castellana y los datos que sobre metrología en Galicia aporta Fernández Justo<sup>131</sup> nos dan unos parámetros y referencias razonables para su utilización en el proceso de análisis. En el área geográfica de A Coruña la unidad de medida más utilizada es la vara de Castilla o de Burgos, de 0,835905 m. -0,836 en adelante-, aunque en zonas como Betanzos la longitud de la vara adquiere el valor de 0,841 m., en la ciudad de A Coruña su valor es de 0,843 m. -vara de Madrid, de implantación posterior a la Castellana- aunque consta también una referencia de 0.813 m.; en algunos lugares se utiliza la vara gallega, cuya medida es 1,045 m. En el área geográfica de Lugo los valores que adquiere la vara son muy diversos, en Vivero se utiliza la vara castellana, 0,836, y en Lugo ciudad su valor es de 0, 855 m. En Orense la diversidad es menor y el uso más extendido es el de la vara denominada Gallega y de valor equivalentes a 1,045 m.<sup>132</sup> En el caso del área de Pontevedra, la vara castellana o de Burgos puede considerarse la medida de longitud implantada con carácter general. En el siguiente cuadro se indican las equivalencias métricas de las varas que, como recoge Fernández Justo, se empleaban en cada una de las ciudades y villas en las que se encuentran las iglesias objeto de estudio:

Orense	1,045 m.
Pontevedra	0,836 m.
Lugo	0,855 m.
Vivero	0,836 m.
Betanzos	0,841 m.
A Coruña	0,843 m. /0,813 m (vara de Madrid).

---

<sup>130</sup> SASTRE ZARZUELA, E. y ROLLÁN MÉNDEZ, J. M. Op. cit., p. 45. El patrón de la vara se conserva en el Consejo Supremo de Castilla, en Burgos, de ahí el nombre de vara de Burgos.

<sup>131</sup> FERNANDEZ JUSTO, M. I. *La metrología tradicional gallega. Aportación a los estudios sobre el medio rural*. Tomos I y II. Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1986, véase pp. 106, 107, 203, 206, 317 y 520 para la equivalencia métrica en cada uno de los emplazamientos. Utiliza como fuente principal el catastro del Marqués de la Ensenada (1752-1753). Véase también la Real Orden del 9 de diciembre de 1852, publicada en la "Gaceta" de Madrid el 28 de dicho mes y año en la que se recoge la correspondencia oficial entre las antiguas medidas de todas las provincias españolas con las métricas legales, de conformidad con la misma.

<sup>132</sup> 8 varas gallegas (8 x 1,045 = 8,36 m.) equivalen a 10 varas castellanas (10 x 0,836 = 8,36 m.)

La vara, como unidad de medida de longitud, es un verdadero símbolo que dota de dimensión y coherencia a la obra y establece la relación entre los distintos trazados y la realidad<sup>133</sup>. Con independencia de los valores que adquiere en cada una de las ciudades, es necesario considerar en el proceso de investigación la posibilidad de que esta relación de magnitudes se vea alterada con la introducción de patrones diferentes que dependen de la procedencia de los talleres itinerantes<sup>134</sup> que construyen los templos o incluso de la procedencia de los propios maestros de obras foráneos que dirigen diseño y proceso constructivo<sup>135</sup>.

### *De las medidas y la proporción.*

Desde la antigüedad y, para establecer un sistema consistente de medición, se recurre a unas medidas básicas o patrones de raíz humana que son referenciales de las culturas primitivas -el dedo, la palma, el codo, el brazo, el pie, el paso, etc...-. La comparación relativa de estas medidas antropomórficas es la que da lugar a diferentes sistemas metrológicos de proporciones<sup>136</sup>.

A lo largo de la historia los sistemas de proporciones que se basan en el cuerpo humano fueron evolucionando, influyendo de manera notable en el Arte y la Arquitectura. Vitruvio, en el libro III capítulo I, establece como principio el hecho de que “la proporción es una correspondencia de medidas entre una determinada parte de los miembros de cada obra... No puede hablarse de una obra bien realizada, si no existe esta relación de proporción, regulada como lo está en el cuerpo humano”<sup>137</sup>. Es gracias a los sistemas que propone Vitruvio -su testamento constructivo- que permanecen durante siglos las ideas de la belleza emanadas a través de la proporción o interrelación del todo con las partes, así como la idea de relacionar las proporciones con las del cuerpo humano y con las armonías musicales<sup>138</sup>.

---

<sup>133</sup> LLORENTE DÍAZ, M. Op. Cit., p. 140.

<sup>134</sup> La referencia San Francisco de Orense como primer templo gótico construido por los frailes en Galicia y de los talleres orensanos, sus constructores, nos obliga a considerar la unidad de medida que utilizan y su empleo en los trabajos que realizan en otras áreas geográficas de Galicia.

<sup>135</sup> Es necesario considerar que los propios trazados produzcan como resultado medidas finales que no se ajusten a las unidades utilizadas, que lo serían únicamente en las dimensiones de los elementos utilizados como base para el trazado final.

<sup>136</sup> La metrología antigua tuvo un importante papel en el dimensionado arquitectónico de edificaciones.

<sup>137</sup> VITRUVIO, M. L. Op. cit., p. 67.

<sup>138</sup> Estas ideas también influyen en los cánones de Vasari y Leonardo da Vinci.



Como previamente hemos expuesto, las unidades de medida varían de una ciudad a otra, son relativas y no constituyen una referencia segura. Mediante la proporción se garantiza un procedimiento efectivo que permite relacionar distintas experiencias constructivas y su exportación de unos modelos a otros. Su dominio facilita el trazado de figuras complejas, la medida no cierra una forma absoluta<sup>139</sup>.

La tradición métrica emplea como instrumento fundamental de definición de las formas un sistema de medidas, que en la época a la que se refiere este estudio está compuesta por dedo, pulgada, palmo, pie, codo y vara. Esta última es la referencia en cuanto a unidad de medida de longitud a considerar en nuestro estudio y análisis; en este sentido es significativa la reflexión de Scholfield

*“los sistemas analíticos basados en el uso de la vara de medir tiene mayor utilidad práctica en arquitectura. También simplifican el estudio de las relaciones matemáticas que interesan al arquitecto reduciendo el problema de la proporción, de dos o tres dimensiones a una sola dimensión”<sup>140</sup>.*

Aunque dificulta las investigaciones, el uso en cada edificio de las unidades locales de medida no es mayor inconveniente para el constructor. Es por tanto necesario considerar la vara, en los análisis a realizar, como medida con un uso tanto constructivo como regulador del trazado modular, como el módulo de proporción del trazado arquitectónico, como elemento que introduce un orden y se acoge a un canon de proporción matemática, en la configuración armónica de la arquitectura de cada uno de los templos, ya desde la fase inicial del proyecto arquitectónico que los define<sup>141</sup>.

Se debe considerar, además de la malla reticular, basada en la vara como unidad directora al menos en una primera fase de análisis, el empleo de ‘grandes unidades’ o módulos<sup>142</sup>, como se hacía en la arquitectura monaca<sup>143</sup>, que racionalizan el proceso constructivo, primero en la fase de diseño y después en la de ejecución.

---

<sup>139</sup> LLORENTE DÍAZ, M. Op. cit., p. 143.

<sup>140</sup> SCHOLFIELD, P. H. Op. cit., p. 146.

<sup>141</sup> Este planteamiento no elimina el estudio de otros sistemas que regulen trazado y formalización de cada iglesia, ni impide el análisis de la posible superposición de procedimientos distintos. En todo caso, ha de permitir el estudio de cada edificio partiendo de mallas o retículas basadas en la vara que permitan determinar las grandes unidades o los módulos empleados.

<sup>142</sup> No ha de confundirse módulo con unidad patrón de longitud, aunque se apoye en ella. Además, mediante multiplicaciones, subdivisiones o trazados geométricos, pueden obtenerse otras unidades distintas de las “oficiales”.

<sup>143</sup> Los cistercienses utilizaban en sus proyectos un módulo o ‘gran unidad’ que, según los edificios, equivalía a cinco o siete pies, dependiendo luego su valor del pie empleado en cada lugar.



51.- Portada de la iglesia de San Francisco de Palencia, en la que aparece la figura de la vesica piscis enmarcando el rosetón.

## LOS TRAZADOS

Entendemos que en la Edad Media no hay criterios ni reglas universales ya que se trata de procesos geométricos con soluciones particulares que vienen definidas por la tradición de las logias o por la creatividad de los maestros, atendiendo a las demandas de los promotores; se observa la existencia de dos líneas de trabajo diferenciadas, que son la arquitectura monacal y la de extracción artesana, que se diferencian en los modos conceptuales y operativos que emplean. La primera se puede inscribir en lo que se define como tradición métrica, la segunda, que incrementa su importancia con el tiempo hasta jugar un papel primordial en el esplendor del gótico, sigue los principios de la tradición geométrica<sup>144</sup>.

En los primeros templos de la Edad Media se hace uso de **reglas numéricas** para el control de las proporciones, basadas necesariamente en números enteros o en reglas geométricas de proporciones implícitas que el cantero aprendía con el tiempo aunque, como expresa Ruiz de la Rosa<sup>145</sup>, no siempre era consciente de su empleo ya que confiaba en el “orden superior” de la geometría. Metrología y sistemas modulares, potenciados por el uso de grandes unidades a través de sus múltiplos o divisores, permiten el control de los elementos de la composición. La aplicación de un módulo geométrico en el dibujo de la planta de los edificios se intuye como uno de los procedimientos habituales que utilizan arquitectos medievales; es probable, que lo que distinga un maestro de otro sea su concepto del plano y las particularidades volumétricas y espaciales del edificio y no solo las características morfológicas y formales de un alzado, más susceptibles de modificación en el transcurso de las obras. No parece factible que existan reglas generales a todos los maestros y territorios. Es más probable que, dentro de un sistema común, cada artífice tenga unas peculiaridades propias que diferencien su obra de la de sus colegas<sup>146</sup>.

Para Sholfield, la única descripción de los procedimientos góticos que se conserva es el informe sobre los principios góticos del diseño que Cesariano (s. XVI) hace en el comentario a su traducción de *De Architectura*, y que está basada en lo que se recuerda de aquellos principios que describe como la “regla de los arquitectos germanos”. Cesariano señala tres reglas para diseñar iglesias. La

<sup>144</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Traza y Simetría...* Op. cit., p 234.

<sup>145</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. *De Geometría y Arquitectura...*Op. Cit., pp. 22-32, y p.26.

<sup>146</sup> TORRES BALBAS, L. *Investigación y progreso*. Año XIV. Madrid 1945. «Función de nervios y ogivas en las bóvedas góticas”. p. 215.

primera fija en general el largo y el ancho de la iglesia mediante el *vesica piscis*<sup>147</sup>; la segunda proporciona el método de subdivisión del plano en vanos iguales, y la tercera determina la altura de las diferentes partes mediante triángulos equiláteros<sup>148</sup>. En ellos queda patente la importancia que en los trazados reguladores de las construcciones góticas adquiere la figura *vesica piscis* -descrita por Euclides en su libro I-, que se utiliza en unas ocasiones para determinar longitud y anchura y en otras simplemente para definir los ejes y la orientación del edificio.

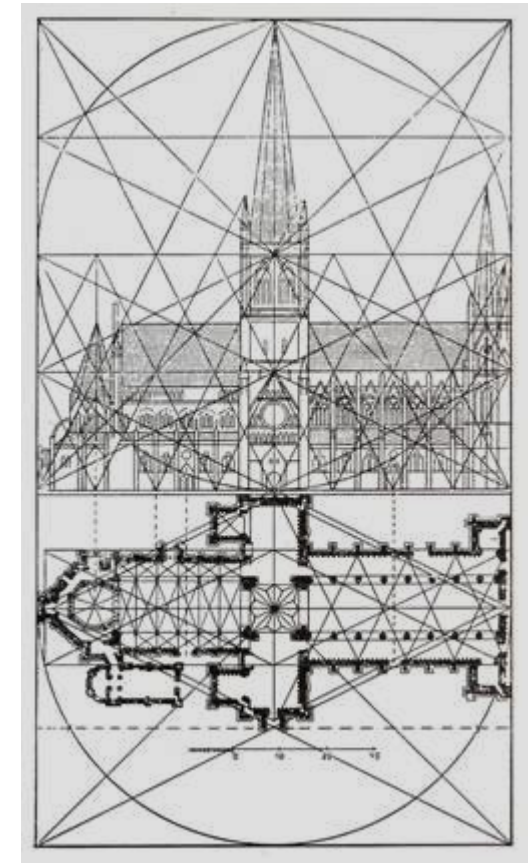
Dos estudiosos, F. M. Lund y E. Mössel, destacan por sus investigaciones, desde un punto de vista geométrico y conceptual, sobre los trazados utilizados en la arquitectura de la Antigüedad y de la Edad Media. Lund estudia los procedimientos de composición armónica que utilizan los maestros góticos y publica en 1921 “Ad Quadratum”<sup>149</sup>, donde defiende la importancia del cuadrado y sus cadenas crecientes y decrecientes. A esta geometría Lund le superpone el pentágono, complejizándola e introduciendo así el número áureo. Es probable que la idea de este trazado surja como consecuencia de haber encontrado la figura del pentágono regular en muchas piedras de la catedral de Nidaros, del estudio de un diagrama pentagonal observado en un tratado del siglo XV y de descubrir en un texto “gótico” del siglo XIII la frase con la que **Campano de Novara** rinde homenaje a la sección áurea (*proportionem habentem medium duoque extrema*), que cita también Paccioli en su tratado sobre la Divina Proporción. Lund estudia y compara los planos de gran parte de las catedrales góticas de Europa, encontrando en ellas el doble cuadrado y la sección áurea<sup>150</sup> que no se introduce de modo arbitrario en

<sup>147</sup> Aunque la referencia al uso del triángulo equilátero en la sección y del *vesica piscis* en la planta sea de interés, su uso puede no ser más que un procedimiento para determinar los ejes principales del edificio. Al menos en el caso de la iglesia de San Francisco de Orense, como se verá más adelante, parece que, superpuesta y coordinada con otros trazados geométricos, sí interviene en la definición de su trazado –longitud y anchura-. La *Vesica Piscis*, en la cultura cristiana medieval, representa simbólicamente a Cristo, a la región que une el cielo y la Tierra, lo superior y lo inferior, al creador y la creación. Aparece en algunos casos como elemento regulador en el trazado de iglesias.

<sup>148</sup> SCHOLFIELD, P. H. *Op. cit.*, p. 102. Que tiene a su vez nota: Enciclopedia of Architecture, pp. 966 y 971. Las reglas están incluidas en los folios XIV y XV del comentario de Cesariano. Hace referencia a la tercera regla en *Geometry of Art and Life*, p. 151.

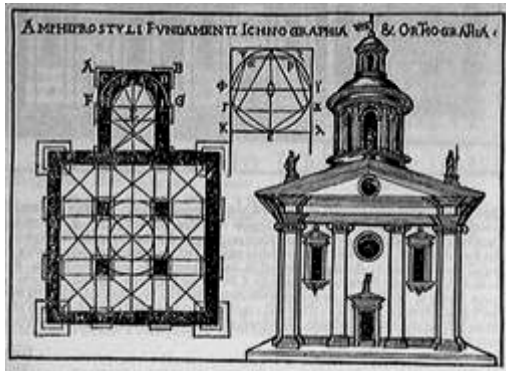
<sup>149</sup> LUND, F. M. *Ad Quadratum*. Publicado por orden del Parlamento Noruego. B. T: Batsford Ltd. Londres, 1921. Lund, arqueólogo encargado de asesorar al gobierno noruego en la restauración de la catedral de San Olaf de Nidaros, intenta probar en esta publicación que todas las grandes obras históricas de arquitectura se basan en la proporción áurea. Analiza fundamentalmente la base geométrica de la arquitectura religiosa medieval, además de algunos casos de la arquitectura clásica. En los trazados que propone intervienen triángulos equiláteros, cuadrados, pentágonos y pentagramas, introduciendo así el número de oro. Véase RUIZ DE LA ROSA, J. A. *Traza y Simetría...* *Op. cit.*, pp. 146 y ss. Cfr. LUND, F. M. *Ad Quadratum. Études des bases géom. de l'archit. religieuse dans l'Antiquité, et au Moyen Age découvertes dans la Cathéd. de Milan*. Albert Morance. Paris. 1922.

<sup>150</sup> Lund encuentra la combinación del doble cuadrado como generador de la sección áurea, que obtiene mediante dos giros de compas.

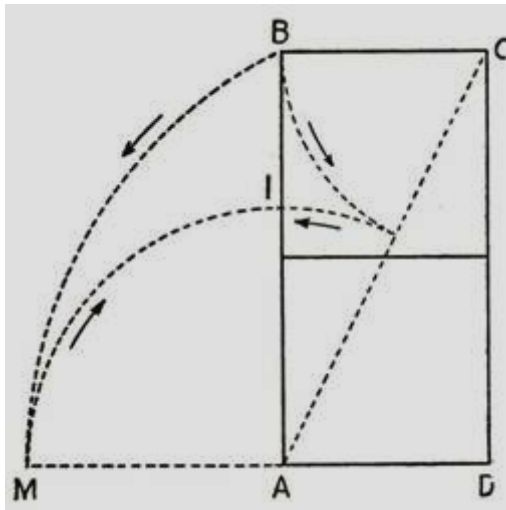


52

52.- Trazados de la Catedral de San Olaf de Nidaros que plantea F. M. Lund. Fuente: Ghyka.



53



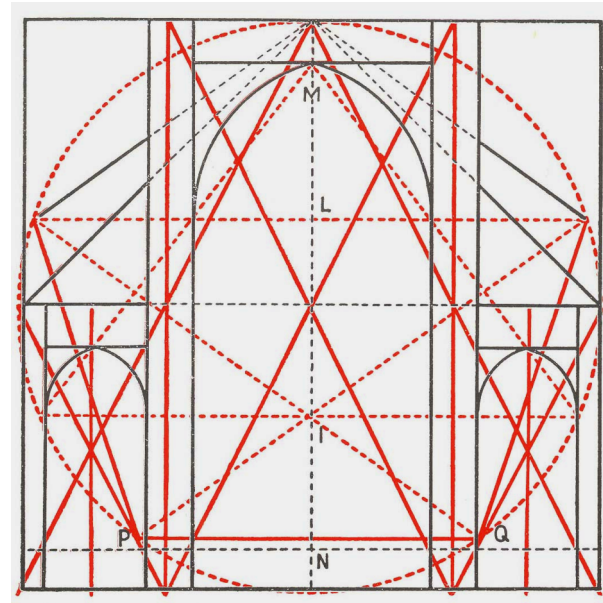
54

53.- Dibujo de Caesariano de los libros de Vitrubio. Disponible en: <http://www.paladiancenter.org/predecessor.html>

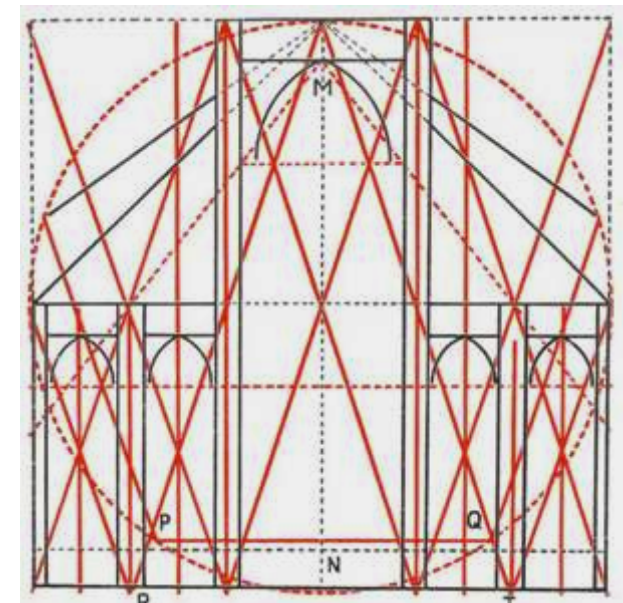
54.- Trazado de Lund en el que, a partir del doble cuadrado, mediante dos movimientos de compás, determina el punto I y las relaciones áureas entre los segmentos que genera

55 y 56.- Esquemas transversales planteados por Lund de iglesias góticas. Fuente: *Estética de la Proporciones*.

los trazados verticales, sino que es el resultado lógico de un diagrama central de cierta complejidad en el que se combinan el pentágono, el cuadrado e incluso el triángulo equilátero. Estas redes coinciden con frecuencia con el centro del altar mayor sobre la planta, y con el del rosetón sobre el alzado, el centro de un pentágono o de un pentagrama. Lund añade, en los análisis que realiza, la partición, según la sección áurea, de segmentos de la red de dobles cuadrados y sus diagonales obteniendo así la posición de puntos del edificio no definidos en esta primera<sup>151</sup>.



55

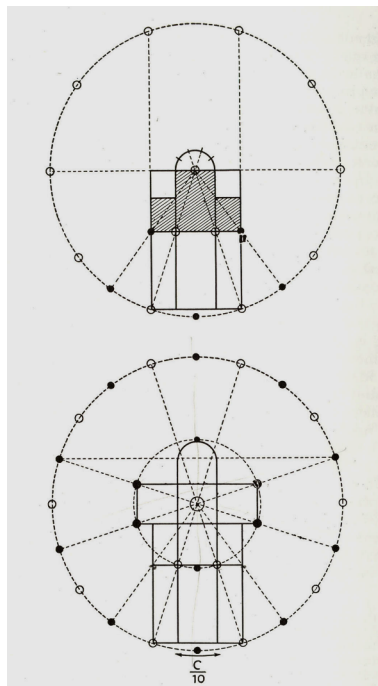


56

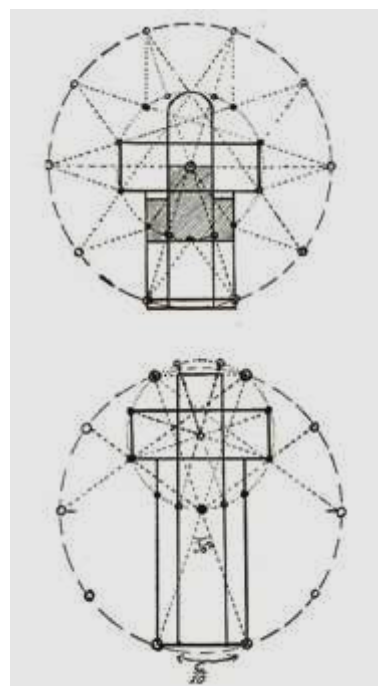
Por su parte Moessel, sobre 1926, establece un sistema de trazados que se basa en la división del círculo en partes iguales -trabaja con las relaciones intrínsecas y los rectángulos que se obtienen a partir de ellas- que considera útil para explicar el diseño de plantas y alzados en cualquier época,

<sup>151</sup> GHYKA, M. C. Op. cit., pp. 209-210. Apoyándose en la figura del pentagrama regular de un *sello lapidario*, que aparece en varias piedras de la Catedral de Nidaros y cuyos segmentos presentan un ritmo continuo sobre el tema de la sección áurea, Lund resuelve y determina la localización de aquellos puntos y líneas directrices horizontales que no concuerdan con la red de los dobles cuadrados de los primeros gráficos. Esta partición es fácil de trazar dado que la diagonal del doble cuadrado es igual a raíz cuadrada de 5 (considerado el lado del cuadrado como la unidad), y que la construcción elemental de la sección áurea permite obtener con dos movimientos de compás el punto I de modo que  $BA/IA = IA/BI = \Phi$  (fig. 54).

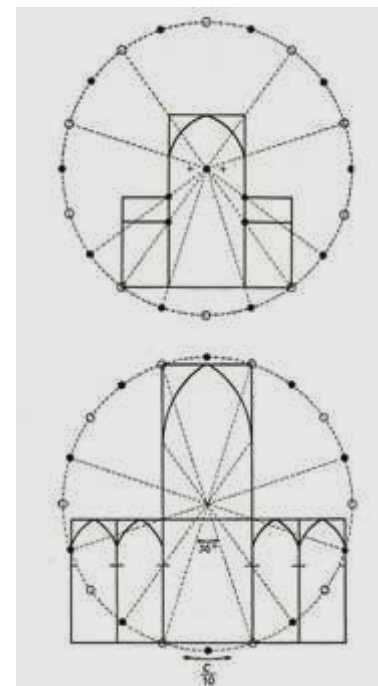
lugar y tipología arquitectónica. En el caso de la planta, se impone la idea que sugiere que el círculo director deriva del círculo de orientación del edificio trazado sobre el terreno y que enlaza con la importancia fundamental que se atribuye a la orientación de los templos<sup>152</sup>. Aunque utiliza otras segmentaciones, para Mössel la división del círculo en diez<sup>153</sup> o cinco partes es la más numerosa y por tanto la más utilizada por los antiguos maestros –sobre el círculo se inscribe un pentágono o un decágono regular-. Consecuencia de la partición decádica del círculo y sus derivados es la aparición



57



58

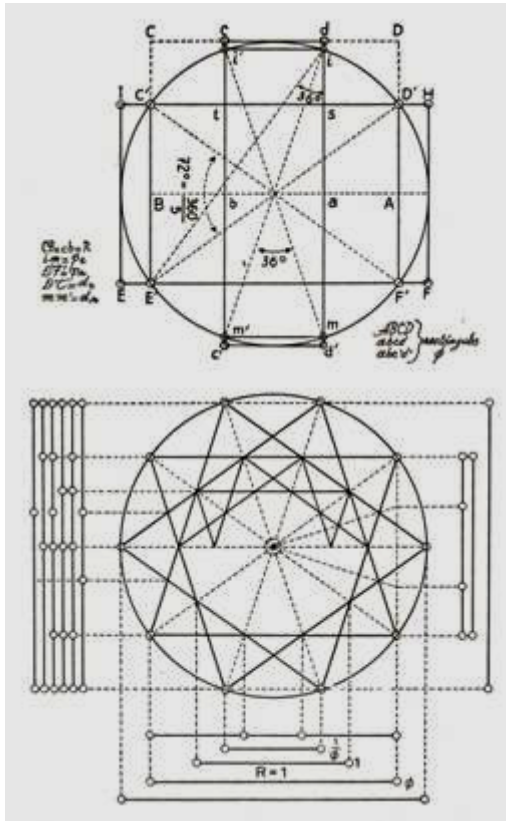


59

57, 58 y 59.- Esquemas tipo de Moessel. En la primera figura muestra los correspondientes al de la basilica cristiana primitiva, y el de una iglesia gótica. En la segunda se observan trazados góticos tipos a partir de la segmentación decádica del círculo director. Y en la tercera se ve la puesta en proporción de la sección transversal de naves góticas. Fuente: *Die proportion in Antike und Mittelalter* de Moessel y Ghyka.

<sup>152</sup> GHYKA, M. C.: *El número de oro...Op. cit.*, pp. 95-98. Láminas XXXII, XXXIII y XXXIV.

<sup>153</sup> La década es un número sagrado para la escuela pitagórica, considerado como el número más perfecto, símbolo del universo y canon de creación. Basar el trazado de un templo en el decágono –número 10- se puede considerar como la reafirmación de la voluntad de trasladar la medida del universo a la arquitectura sagrada. El cinco es el número del hombre, del microcosmos.



60

60.- Proporciones por segmentación polar según Mössel. Fuente: Ruiz de la Rosa.

de la sección áurea que armoniza según cadenas crecientes o decrecientes, de manera sencilla y fácil, desde las longitudes de las dimensiones mayores de la planta o del alzado hasta las medidas menores utilizadas en la definición de elementos de cada construcción<sup>154</sup>. Los resultados que obtiene Mössel son asombrosamente coincidentes con los de Lund aunque llega a ellos de modo independiente y desconociendo los hallazgos de este último.

Aun cuando Ruiz de la Rosa considera que los resultados tienen interés como supuestos geométricos apostilla que “son de difícil crédito como control formal en tales arquitecturas”<sup>155</sup> y por tanto resultan poco válidas como instrumento de diseño, estos estudios que se apoyan en referencias medievales nos confirman el interés y aprecio que los promotores, arquitectos y maestros de obra góticos tenían sobre las propiedades de la sección áurea y el uso de las figuras del pentágono y decágono en los trazados.

Para A. Badawy, el arquitecto bajomedieval emplea simultáneamente un sistema modular o numérico y un sistema geométrico. El módulo, procedente de una dimensión en el edificio –por ejemplo, el ancho interior de la nave de una iglesia-, derivada de un número entero de la unidad base –la vara-, determina las demás dimensiones del edificio, incluso la colocación de las columnas y pilares, mediante múltiplos y fracciones del mismo<sup>156</sup>. En el cálculo de dimensiones se recurre indistintamente a las dos series de aproximaciones numéricas más habituales ligadas al *diagon* y al *aurón* respectivamente: la de raíz de 2, 5:7:10, 12:17:24, 70:99:140 y sus múltiplos, con sus cifras duplicándose cada vez, y la correspondiente a la sección áurea que se expresaba según las “series Fibonacci”: 1:2:3:5:8:13:21:34:55, etc.<sup>157</sup>, en la que se suman los dos números previos para determinar el siguiente. Una vez que se establecida la unidad básica de medida, se pueden calcular las dimensiones del edificio.

En cuanto al sistema geométrico, como ya hemos señalado, depende de unas cuantas figuras simples, principalmente el cuadrado y una serie específica de triángulos, entre ellos el llamado

<sup>154</sup> GHYKA, M. C. *El número de oro...* Op. cit., pp. 95-98 y 110-111.

<sup>155</sup> RUIZ DE LA ROSA, J. A. y otros. *Quatro edificios sevillanos*. Op. cit., pp.30 y 31.

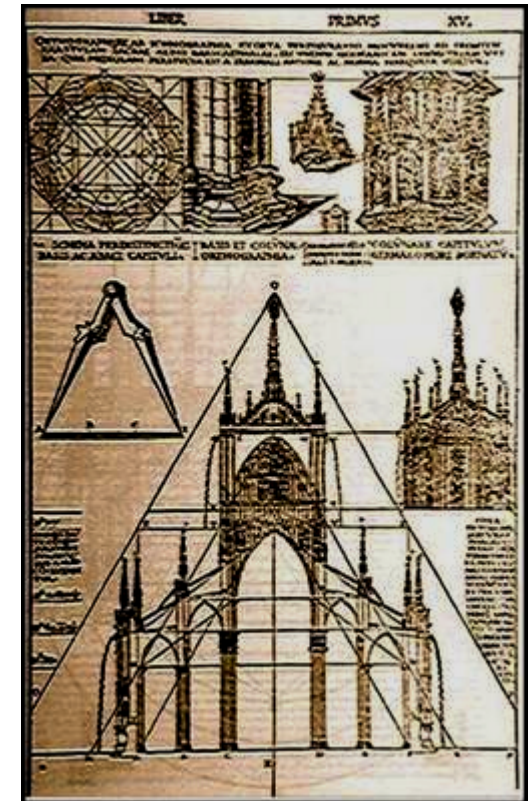
<sup>156</sup> SOLER SANZ, F. *Trazados Reguladores Octogonales en la Arquitectura Clásica*. General de Ediciones de Arquitectura. Valencia, 2008. p. 37.

<sup>157</sup> No se deben olvidar aquí la serie de rectángulos teóricamente estáticos de módulos 1, 2/1, 3/2, 5/3, 8/5, 13/8, 21/13, 34/21, ... correspondientes a la serie fraccionaria de Fibonacci, que pueden considerarse tan *dinámicos* como aquellos que realmente los son. GHYKA, M. C.: *Estética de las proporciones...* Op. cit. p. 208.

triángulo sagrado o de Osiris, con los lados en la relación 3, 4, 5, a los que debe incorporarse el pentágono y su derivado, el decágono.

Queda patente que las relaciones de proporcionalidad pueden establecerse geométrica o numéricamente, que son versátiles hasta el infinito, y que su planificación demuestra la practicidad presente en cada etapa del proceso constructivo.

Tomando como base los conocimientos científicos de la época, los desarrollados por los talleres medievales y las teorías elaboradas con posterioridad sobre trazados constructivos góticos, así como el conocimiento de cada uno de los templos, en el capítulo VI se plantean dos modelos de trazado, uno geométrico y otro aritmético. Ambos los empleamos en la III parte para realizar el análisis gráfico de las trazas de cada una de las iglesias.



61.- Ejemplo de distribución de proporciones en la que se utiliza el triángulo, realizado por Cesare Cesariano. Disponible:

<http://www.geographos.com/BLOGRAPHOS/?p=301> [Consultado: 13-09-08].

