

Fig 1. Leonardo de Vinci. Figura vitruviana, dibujo. Academia de Venecia.

El siguiente trabajo tiene como objetivo introducirnos en el estudio de los sistemas de proporciones utilizados en el diseño de la arquitectura del Renacimiento. Dichos sistemas han sido de capital importancia para arquitectos de esta época.

Se incluyen una serie de textos originales extraídos de libros y tratados que van desde autores de la época en estudio a autores de la antigüedad y arquitectos e historiadores contemporáneos.

La Proporción, en su raíz latina, es una noción formada por la partícula "pro" que indica "por" y por "portio" que refiere directamente a porción, y por extensión a parte.

Esto nos lleva a establecer que toda unidad está constituida por porciones o partes. Tanto en el plano sintáctico como en el mundo figurativo esto implica que cada una de las porciones deberá tener la suficiente identidad como para poder ser discernida. La adopción de las figuras perfectas del repertorio euclideo garantiza la identificación de las porciones constituyentes del trazado: cuadrados, círculos, rectángulos y sectores intelecibles de los mismos forman un conjunto de recursos proyectuales.(Fig. 1). El criterio de analogía aplicado al sistema de relaciones entre estas porciones permiten que las partes evidencien los principios de la Simetría en la organización sintáctica de los cuerpos.

En Matemática el establecimiento de igualdad entre dos razones, por ejemplo, a es a b como c es a

d , no sólo habilita al establecimiento de proporción entre dos formulaciones, sino que también obliga a pensar en que los sistemas de medida aplicadas a las partes deben responder a una misma clase. Con lo cual volvemos a la idea general de la conmensurabilidad, que define el principio de Simetría. En este sentido, el siglo XV desarrolló series geométricas y numéricas como la de la sección áurea, y otras menos complejas.

En el campo de las artes, la Proporción puede entenderse como la relación concordante de las partes y del todo, o también como un balance o escala apropiada entre las partes entre sí y con el todo, que garantiza el imperio de la simetría. El axioma albertiano conocido como "concinnitas" refiere a aquello que como unidad es "concina", o sea que constituye un conjunto, un ajuste y que simultáneamente posee elegancia -leggiadaria- y gracia -venustas-: "Una concordancia o conciliación, determinable por medio de leyes, de las partes de un conjunto, de tal manera que nada se puede agregar, quitar o cambiar, sin hacerlo menos agradable".

Siguiendo con las relaciones entre las nociones de Simetría y de Proporción puede decirse que dicha relación se compromete con una identificación entre la idea de parte y la concepción de la parte como entidad mensurable. Si debemos ir 'por partes' -Proporción- y cada parte debe ser concebida según un acuerdo de medidas y de colocación -Simetría- tanto la idea de "por" -pro- como la idea de "con, junto con" -syn- resultan no sólo vinculables sino principalmente complementarias. Ir por partes siempre y cuando estas partes se manifiesten como pertenecientes a un conjunto que esté presidido por reglas. Y por otro lado este conjunto es tal en la medida que su principal propiedad sea la conmensurabilidad.

(.....)

En el término Simetría, y de acuerdo con la tradición greco-romana, están implicadas las ideas de conjunción y de medida. Etimológicamente: syn sin=con, junto con; y metron=medida. En definitiva, en lo que a los cuerpos arquitectónicos se refiere, aquello que pone de manifiesto la conmensura de las partes en cuanto a sus interrelaciones, y de esas mismas partes con respecto al Todo.

El texto precedente es parte de un artículo publicado por el Arq. Marcelo Trabuco en la "Revista 3".

Partiendo de estas nociones generales podemos ahora introducirnos en una de las principales fuentes teóricas del siglo XV; que fue Leon Battista Alberti. Dentro de su Tratado De Re Aedificatoria podemos encontrar los siguientes párrafos:

Libro VII Capítulo V:

(...)

Pero, así como en todo animal cabeza, pies y cualquiera de sus miembros deben referirse a los demás miembros y por ende al resto del cuerpo, así también en un edificio, y sobre todo en un templo, deberán armonizarse las partes todas del cuerpo, de manera que correspondan unas a otras: así, adoptando como patrón cualquiera de ellas, que por ella misma se midan todas las demás.

Libro IX Capítulo V:

Mi opinión es que la Belleza, Majestuosidad, Elegancia, y Encanto, consiste en la disposición de las partes, las cuales si yo alterara o sacara, el conjunto se convertiría en feo y desagradable.

Si estamos convencidos de esto, podría ser no muy tedioso observar estas partes que podrían ser quitadas, aumentadas o alteradas, especialmente en figuras y formas: Para todos consiste en ciertas partes singulares, las cuales si se quita alguna de ellas, o se achica o se agranda, o se reubica en un lugar inapropiado, lo que antes daba la belleza y gracia a ese cuerpo será inmediatamente estropeado. Por lo tanto, podemos concluir que hay principalmente tres elementos a considerar en la totalidad de lo que estamos analizando: El Número, lo que yo he llamado Delimitación, y la Colocación. Pero hay todavía algo más, que se alza desde la conjunción y conexión de esas otras partes, y le dan la belleza y gracia al conjunto: la que llamaremos Congruencia que podemos considerar como la causa principal de la mayor gracia y belleza. La empresa y el oficio de la Congruencia es la de agrupar los miembros diferenciando cada uno de acuerdo a su naturaleza, de tal forma que puedan ordenarse para formar un bello conjunto: por eso que siempre que tal composición se ofrece a la mente, como vehículo de la vista, oído, o cualquier otro sentido, inmediatamente percibimos esa congruencia. Por naturaleza deseamos cosas perfectas, y nos sentimos atraídos hacia ellas con placer cuando se nos ofrecen.

(...)

Por Delimitación yo entiendo una exacta correspondencia entre las diversas líneas, en las cuales las proporciones están determinadas, una es el largo, otra es el ancho, y la otra es la altura.

El rol de esas proporciones es la reunión adecuada de los elementos desde donde nos conectamos con la Naturaleza misma para hacerla más completa y admirable; y por cierto estoy cada día más convencido de la verdad de los dichos de Pitágoras, que la Naturaleza tiene una continua forma de actuar, y con una constante analogía en todas sus operaciones; desde donde yo concluyo, que los mismos números, por medio de los cuales la concordancia de los sonidos llegan a nuestros oídos con deleite, son exactamente los mismos que satisfacen a nuestros ojos y a nuestras mentes. Por consiguiente tomaremos de los

músicos las reglas para la consumación de nuestras proporciones, quienes son los más grandes maestros de esas clases de números, y de esas particulares cosas en donde la Naturaleza se muestra a ella misma más completa y excelente. (Fig. 2.)

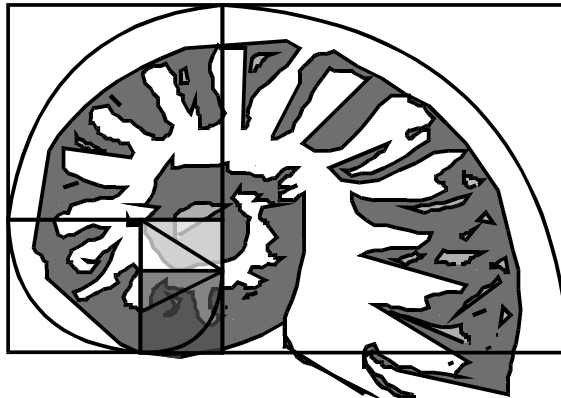


Fig. 2. La Naturaleza y la sección áurea en la espiral de Fibonacci.

No iré más lejos de lo necesario dentro de esta materia para el propósito del arquitecto. No pretendo por consiguiente decir cosa alguna sobre modulación, o sobre las particulares reglas de los instrumentos, pero solo hablar sobre aquellos puntos que están inmediatamente relacionados a nuestro tema, y cuales son ellos. Hemos ya observado que la armonía es la concordancia entre diversos tonos, agradable para nuestros oídos. Los tonos, algunos son graves, otros agudos. Los tonos más graves proceden de una cuerda más larga, y los más agudos de una más corta; y a partir de la relación mutua entre estos tonos se construye toda la variedad de la Armonía.

Esta Armonía la reunieron los antiguos desde intercambiables consonancias de los tonos, que quiere decir ciertos números determinados; los nombres de dichas consonancias son los siguientes: "Diapente"

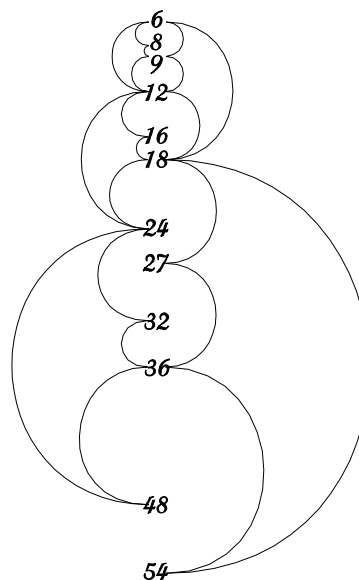


Fig 3. Serie de razones de la escala musical

o la Quinta, que es también llamada "Sesquialtera", "Diatessaron", o la Cuarta, llamada también "Sesquitercia". "Diapasón", o la Octava, llamada también el Tono Doble; "Diapason Diapente", la Doceava o Triple Tono; y "Disdiapason", la Quinceava o Cuádruple. Luego se agregó el "Tonus", también llamado la "Sesquioctava". Estas diversas Consonancias comparadas con las cuerdas mismas, condujo a las siguientes proporciones.

La Sesquialtera fue llamada así, porque la cuerda es, usando la misma proporción, una vez y media de la comparada; este era el significado de la palabra "Sesqui" entre los antiguos. Por lo tanto en la Sesquialtera la cuerda más larga debe ser tres y la más corta dos ($3/2 =$ Sesquialtera). La Sesquitercia es donde la cuerda más larga contiene a la más corta una vez y un tercio más. La más larga por lo tanto, debe ser cuatro, y la más corta, tres ($4/3 =$ Sesquitercia). Pero en la consonancia que era llamada Diapason el número utilizado para la unidad era su proporción doble, o sea dos de uno; o de la totalidad la mitad; y en el Triple, era tres de uno, o de la totalidad un tercio de ella ($2/1 =$ Diapason, o Doble y $3/1 =$ Triple). En el Cuádruple, las proporciones son de cuatro a uno, o de la totalidad la cuarta parte ($4/1 =$ Cuádruple).

Finalmente todos estos números musicales se pueden resumir: 1,2,3,4; y el tono antes mencionado, en donde la cuerda larga comparada con la corta, excede en una octava parte (1,2,3,4= Números Musicales. $8/9 =$ Tone). (fig. 3)

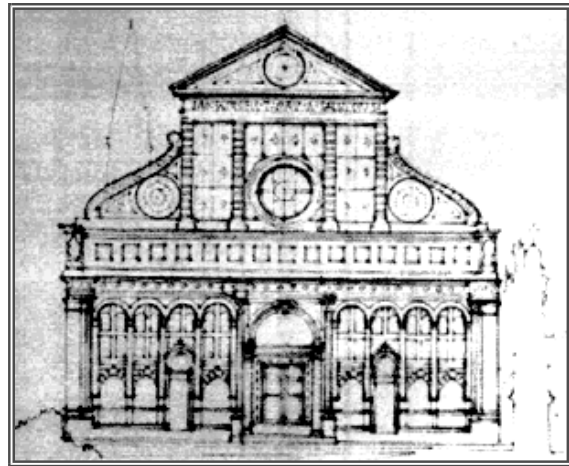
A todos estos números, los arquitectos le pueden dar un uso muy conveniente; usándolos a veces de dos en dos, en diseño de plazas y áreas abiertas; donde solo dos proporciones serían consideradas, el largo y el ancho; y otras veces usándolos de tres en tres, en edificios públicos, asambleas, y cualquier otro, donde el largo se proporciona con el ancho, y la altura se proporciona armoniosamente con ambas.

Rudolf Wittkower, historiador contemporáneo, analiza esta concepción albertiana de los números y su relación con la música en su aplicación al proyecto arquitectónico.

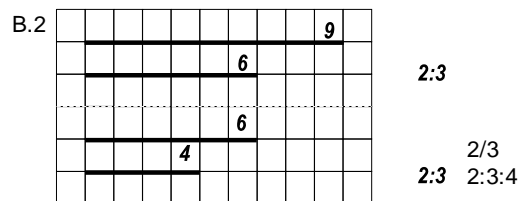
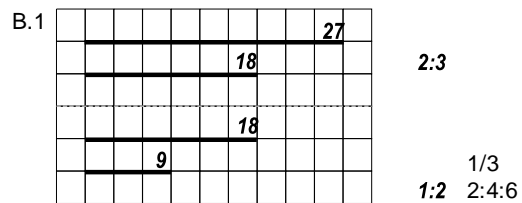
La identificación renacentista de los cocientes musicales con los espaciales solo fue posible sobre la base de una peculiar interpretación del espacio que, por cuanto sepamos, no ha sido completamente comprendida en los tiempos modernos.

(...)

Alberti distingue tres tipos de planta: pequeñas, medianas, y grandes. A cada tipo se le pueden dar tres formas diferentes. A las plantas pequeñas pertenecen el cuadrado ($2/2$) y las formas que guardan la relación de uno a uno y medio ($2/3$) y uno a uno y un tercio ($3/4$). Estos cocientes corresponden a las consonancias



A



B

Fig 4. A Santa María Novella. Leon. B. Alberti. B Sistemas de proporción

musicales simples y no necesitan más explicación. Las plantas de tamaño mediano "duplican" los cocientes de las plantas pequeñas a saber, uno a dos, uno a dos veces uno y medio y uno a dos veces uno y un tercio. Con estos cocientes más complicados, el problema se torna sumamente interesante. Para trazar una planta de uno a dos veces uno y medio, el arquitecto establece una unidad que podríamos llamar cuatro, la extiende hasta alcanzar el cociente de uno a uno y medio, es decir, $4/6$, y a esto la añade otro cociente de uno a uno y medio, es decir, $6/9$, de lo cual resulta un cociente de $4/9$.

En otras palabras Alberti anticipa exactamente el procedimiento de Francesco Giorgi, pues descompone el cociente $4/9$ en dos cocientes "básicos" de $2/3$. (fig. 4 - B.2)

Podemos decir ahora que el cociente de $4/9$ se genera a partir de los dos cocientes $4/6$ y $6/9$. De igual manera el cociente de uno a dos veces uno y un tercio, $9/16$, se genera a partir de $9:12:16$, pues $9/12 =$ a $1/1$ y $1/3$, y $12/16 =$ a $1/1$ y $1/3$. Las tres clases de plantas grandes se forman: primero sumando $1/2$ al cuadrado doble, $2/4$. De manera que se genera la

proporción 1/3 a partir de 2:4:6 (fig. 4 - B. 1); segundo, sumando 1/3 al cuadrado doble, 3/6, en forma que se genere la proporción 3/8 a partir de 3:6:8 y, tercero, doblando el cuadrado doble de manera que se genere la proporción cuádruple 2/8, a partir de 2:4:8. Y bien, la proporción doble 1/2 (musicalmente una Octava) constituye un producto compuesto de los dos cocientes 2/3 y 3/4 (pues $1/2 = 2/3 \cdot 3/4$), de modo tal que se genera a partir de 2:3:4 o 3:4:6 (musicalmente, a partir de la Quinta y la Cuarta o la Cuarta y la Quinta). Podemos decir ahora, por ejemplo, que la proporción de 1/4 se genera a partir de 2:3:4:8, o de 2:3:4:6:8 (es decir, de la Cuarta y la Quinta y de la Quinta y la Cuarta), o de 3:6:9:12 o 3:4:6:9:12 (es decir, de la Cuarta y la Quinta, y de la Quinta y la Cuarta, etc.). Para Alberti, la división de las proporciones compuestas en cocientes armónicos más pequeños no es una cuestión académica, sino una experiencia espacial, tal como lo demuestra su explicación del procedimiento seguido por el arquitecto para llevar a la práctica la proporción 4/9. Los cocientes armónicos tales como el triple, el doble y el cuádruple son compuestos de cocientes consonantes simples. Alberti expresa explícitamente que los subcocientes de un cociente compuesto no pueden ser utilizados indiscriminadamente por los arquitectos, sino que aquellos deben ser exactamente los cocientes que pertenecen al cociente compuesto. Así por ejemplo, si uno quiere construir la pared de una habitación con una longitud dos veces mayor que su ancho, no deberá usar para la longitud los subcocientes de la proporción triple, sino aquellos de los cuales se compone el doble. Lo mismo vale para una habitación con la proporción de uno a tres, en cuyo caso no debe usarse ninguna otra relación numérica fuera de aquellas de que se compone el triple.

La descomposición de los cocientes a fin de tornar armónicamente intelegibles las proporciones de una habitación nos resulta sumamente extraña. Y, sin embargo, en esa forma se concibieron las proporciones durante todo el Renacimiento. Para la mentalidad renacentista, un muro es una unidad que contiene ciertas posibilidades armónicas latentes. Las subunidades inferiores, en las cuales es posible descomponer la unidad total, son los intervalos consonantes de la escala musical, cuya validez cósmica está fuera de toda duda. En algunos casos solo es posible una forma de generación; pero en otros es posible obtener dos y hasta tres generaciones diferentes del mismo cociente; como ya vimos, el cociente 1/2, la Octava, puede concebirse como Cuarta y Quinta (3:4:6) o como Quinta y Cuarta (2:3:4). Pero los cocientes de los intervalos musicales no son sino la materia prima para la combinación de los cocientes espaciales. Las progresiones armónicas de Alberti 4:6:9 y 9:12:16 son una serie de dos Quintas y de dos Cuartas respectivamente, es decir que musicalmente representan disonancias. Los cocientes de intervalos musicales son considerados obligatorios, pero no así la estructuración de armonías musicales a partir de intervalos consonantes. Nada mejor para mostrar que

los artistas renacentistas no se propusieron trasladar la música a la arquitectura, sino que consideraron los intervalos consonantes de la escala musical como pruebas audibles de la belleza de los cocientes de los números enteros más bajos 1:2:3:4.

Al analizar las proporciones de un edificio renacentista es necesario tener en cuenta el principio de la generación. Podemos decir, incluso, que sin él es imposible comprender cabalmente las intenciones de los arquitectos de la época. En este aspecto, rozamos los elementos fundamentales del estilo considerado en su totalidad, pues las formas más simples, los muros lisos y las divisiones netas son presupuestos necesarios de esa "polifonía de las proporciones" que la mente y los ojos renacentistas eran capaces de descubrir y apreciar.

La arquitectura en la Era del Humanismo. R. Wittkower. G. Gili. Barcelona. 1971

En realidad, el estudio de las proporciones no es un tema que ha iniciado el siglo XV. Desde la antigüedad ya los egipcios, griegos y romanos desarrollaron teorías en base al estudio de los números y la geometría. A este respecto, Matila Ghyka, un autor del siglo XX, en su libro "El Número de Oro" nos dice:

Uno de los métodos posibles cuando se pretende volver a definir, o pensar de nuevo en las nociones llamadas elementales de número, razón y proporción es beber en las fuentes griegas que tratan de estos temas. (...) Sin embargo, como en Platón y en el único tratado completo de la teoría de números que nos legó la antigüedad, el de Nicómaco de Gerasa, se encuentran puntos de partida, y a menudo de llegada, bastante claros, me limitaré a dar textualmente sus definiciones y, a veces, sus comentarios.

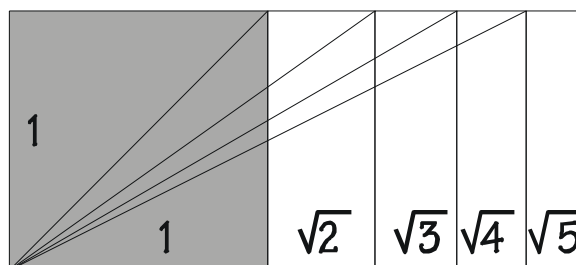


Fig.5. Armónicos derivados de Pitágoras

Como se sabe, la concepción del Número en Platón y la importancia que le otorga "Los números, dice en el Epinomis, son el más alto grado del conocimiento" ... y luego: "El Número es el conocimiento mismo") se derivan del pitagorismo más ortodoxo. (fig. 5.)

(...)

En la base de las ideas y de las definiciones que seguirán se encuentra la afirmación: "Todo está dispuesto conforme al número" (...)

Dice Nicómaco de Gerasa, en su Introducción a la Aritmética:

"Todo lo que la naturaleza ha dispuesto sistemáticamente en el Universo parece haber sido, tanto en sus partes como en el conjunto, determinado y puesto en orden de acuerdo con el Número, por la previsión y el pensamiento de Aquel que creó todas las cosas; pues el modelo estaba fijado, como un bosquejo preliminar, por la dominación del número preexistente en el espíritu del Dios creador del mundo, número-idea, puramente inmaterial en todos sus aspectos y, al mismo tiempo, la verdadera y eterna esencia, de manera que de acuerdo con el Número, como de conformidad, en un plano artístico, fueron creadas todas las cosas, y el Tiempo, el movimiento, los cielos, los astros y todos los ciclos de todas las cosas."

(...)

Al concepto general de relación entre dos objetos o dos dimensiones Nicómaco lo llama "sxhsiv". La relación que dice cualitativa, como doble, triple, etc. "pol a oxhsiv" o razón propiamente dicha (en el sentido moderno de la razón-medida en álgebra y en aritmética, donde se trata, por ejemplo, de dos longitudes con respecto a la misma unidad, la razón a/b es la medida de la magnitud a si se toma la magnitud b como unidad) es, como lo hemos visto, el "logos".

En Euclides, cuya teoría de razones y de proporciones está basada en los trabajos de Eudoxio, discípulo de Platón, encontramos la rigurosa definición que sigue:

"Razón es la relación cualitativa en lo que se refiere a la dimensión entre dos magnitudes homogéneas. La proporción es la igualdad de razones".

Traducido en álgebra, esto conduce a la ecuación general de la proporción geométrica entre cuatro magnitudes $a/b = c/d$ (proporción discontinua).

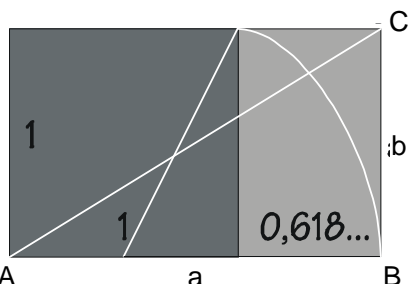


Fig. 6. Un método de representación de la sección áurea

(...)

Cuando los dos mayores intermediarios b y c

son iguales, obtenemos la proporción "continua" $a/b = b/c$. De aquí la observación de Nicómaco de que siendo la razón una relación entre dos términos, y la proporción una combinación o correlación de dos razones por lo menos, se necesita un mínimo de tres términos para establecer una proporción. Llama "división de una longitud en media y extrema razón". Tanto geométrica como algebráicamente, es también la partición asimétrica más "lógica" y más importante a causa de sus propiedades matemáticas, estéticas, etc.

Esta razón fue llamada divina proporción por el monje boloñés Fray Luca Paccioli di Borgo, que le consagró el magnífico tratado Divina Proportione ilustrado por su amigo Leonardo da Vinci.

(...)

...siempre que los antiguos hablaban de proporciones analizables entre superficies, entre "números planos", éstos fueron siempre "números rectangulares" (del tipo $a \times b$, producto de dos números componentes), es decir, que eran superficies rectangulares las que comparaban.

Este estudio de las proporciones entre números rectangulares ($a \times b$, $c \times d$, donde a , b , c , d , eran en su origen números enteros) fue el que condujo directamente al estudio de las proporciones irracionales (pero

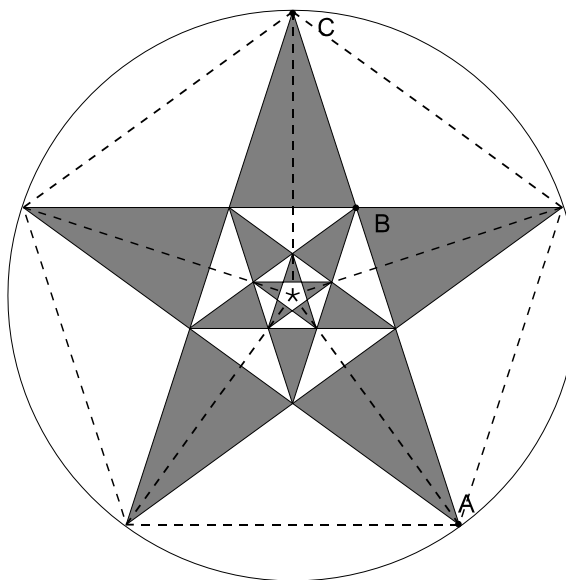


Fig. 7. Relación áurea en el pentágono estrellado

"commensurables en potencia") en cuanto se trató de intercalar una medida geométrica entre dos números planos.

(...)

...la partición desigual (asimétrica) más sencilla de una magnitud en dos partes, que se obtiene aplicando el Principio de Economías (de los conceptos y de las operaciones), era que establecía entre la magnitud inicial y sus dos partes, la proporción llamada medida y extrema razón o sección áurea. (Fig. 6)

Si estas dos partes son a y b (segmentos lineales cuando se trata de una magnitud), he recordado que esta razón $\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b}$

de donde $a = \frac{\sqrt{5+1}}{2} = 1,618\dots$, se tiene $\frac{\sqrt{5+1}}{2}$ representada por ϕ para significar la escritura y los cálculos, se encuentra en las figuras geométricas derivadas del pentágono regular (especialmente en el pentagrama o pentágono estrellado) (fig. 7.), el decágono regular convexo estrellado.

Por intermedio explícito de la sección áurea, cuya construcción rigurosa ha sido divulgada por Euclides, Claudio Ptolomeo resolvió en su *Almagesto* los problemas gráficos de encontrar lados del pentágono y del decágono regulares inscritos en un círculo dado.

Como el dodecaedro y el icosaedro regulares (poliedros que tienen respectivamente 12 caras pentagonales, 30 aristas, 20 vértices y 20 caras triangulares, 30 aristas, 12 vértices), son las ampliaciones en el espacio del pentágono regular, no habrá por que extrañarse de encontrar la sección áurea como razón esencial que gobierna tanto las proporciones lineales, planas o sólidas del interior del cuerpo, como las proporciones que enlazan entre sí el dodecaedro y el icosaedro inscritos en la misma esfera o en el mismo cubo.

(...)

Todo trazado, toda proyección, que represente estos cuerpos aislados o combinados, requerirá la partición inicial de un segmento según la sección áurea. Tal era, en especial, el caso para la inscripción del dodecaedro en la esfera y por haber divulgado este secreto reservado Hipasos de Metaponto fue excomulgado por la cofradía pitagórica.

(...)

La prueba de la importancia de la simetría, como disciplina maestra de la ciencia arquitectónica de la antigüedad, se encuentra en el mismo Vitruvio, quien repite este término como leitmotiv, como resumen de la esencia de la arquitectura. Los tratados griegos y latinos que cita como clásicos de la arquitectura son casi todos titulados *Tratados de Simetría*.

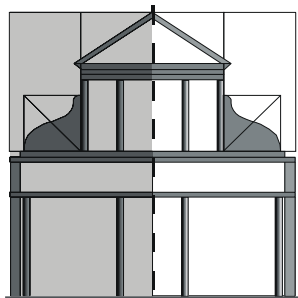


Fig 8. La simetría en Santa María Novella

Y el papel de esta simetría, *commodulatio*, conmensurabilidad de las partes entre sí y entre las partes y el conjunto, en lo que concierne a elementos lineales (simetría dinámica), en lo que se refiere a las superficies, era perfectamente comprendido por los primeros comentaristas de Vitruvio, arquitectos y matemáticos, cuyas obras poseemos gracias a la invención de la imprenta. Y esto, así se tratase de arquitectos que tabajaran en la tradición gótica, o de matemáticos como Luca Paccioli, o de maestros del primer Renacimiento como Alberti. (Fig. 8.)

La principal fuente que nos ha legado la arquitectura de la antigüedad y que con gran frecuencia citan los autores renacentistas es el Tratado de Vitruvio "Los Diez Libros de la Arquitectura". De este Tratado General extraemos el siguiente párrafo que relaciona las proporciones del cuerpo humano con las proporciones en arquitectura.

1. El diseño de un templo depende de la simetría, principio que debe observarse en especial y cuidadosamente por el arquitecto. Estos principios están ocasionados por la proporción, (...). La Proporción es una correspondencia entre las medidas de los miembros de un trabajo entero, y del todo a una cierta parte elegida como estándar. De esto resulta el principio de la simetría. Sin proporción y simetría no puede haber principios de diseño de ningún templo; o sea si no hay una precisa relación entre sus miembros, como en el caso de una persona bien proporcionada.

2. La naturaleza también ha diseñado el cuerpo humano, tal que la cara, desde el mentón hasta el extremo superior de la frente y las raíces más bajas del pelo, es una décima parte de la altura del cuerpo; la mano abierta desde la muñeca hasta la yema del dedo del medio es justo lo mismo; la cabeza desde el mentón hasta su extremo superior es un octavo, y desde la nuca, el hombro y desde el extremo superior del pecho hasta las primeras raíces del pelo es un sexto; desde la mitad del pecho hasta la parte superior de la cabeza es un cuarto. Si tomamos la altura de la cara en sí misma, la distancia desde el extremo inferior del mentón hasta las fosas nasales es un tercio; (...) Los otros miembros, también, tienen sus propias proporciones simétricas, y fueron empleadas éstas por lo que los famosos pintores y escultores de la antigüedad ganaron su gran y eterno renombre.

3. De forma similar, en los miembros de un templo debe existir la mayor armonía en las relaciones simétricas de las diferentes partes con la magnitud total.

Nuevamente, en el cuerpo humano la cuestión central es naturalmente el ombligo. Si un hombre se para derecho sobre su espalda, con sus manos y sus piernas extendidas, y se traza un círculo centrado en su ombligo, sus dedos de las dos manos y pies tocarán dicha circunferencia.

Durante la Edad Media, aún cuando fue una época de grandes cambios para la arquitectura,

algunos de los principios y teorías de los números y las proporciones estudiadas por los maestros de la antigüedad se mantuvieron vigentes y siguieron siendo transmitidos de generación en generación por los arquitectos y los constructores. Sin embargo, cuando llega el siglo XV, a estos principios se le suman

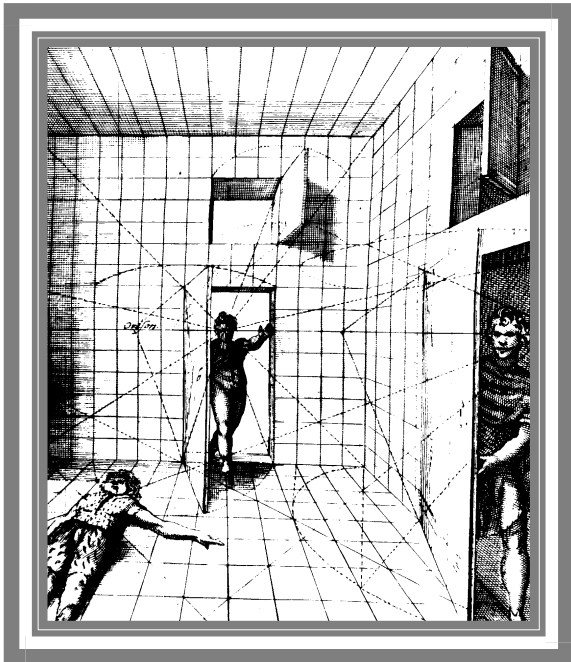


Fig. 9. La perspectiva. Ilustración del tratado de de Vries, 1560.

nuevas ideas y reformulaciones de los antiguos elaboradas a partir de una nueva situación. Para comprender estos cambios podemos tomar una lectura de dos historiadores de nuestra época: Tafuri y Benévolo respectivamente.

La racionalidad de la Visión en perspectiva, investigada experimentalmente por Brunelleschi en las famosas tablas representando las plazas de la Signoria y del Battisterio, fija una nueva construcción intelectual del espacio. Toda la realidad natural es ahora dominada por un riguroso código de relaciones artificiales, capaz de hacer resaltar las relaciones entre los objetos como valor cognoscitivo en sentido propio; la construcción perspectíca en consecuencia, fija un papel unívoco a cada objeto en la retícula del nuevo espacio normalizado. Esto implica la reducción de la infinita variedad de las formas visibles a pocos elementos reducidos a canónicos.

Frente a la racionalización asegurada por la nueva "mensurabilidad" del espacio, cada cualidad de las "cosas" no representa ya un "valor", sino más bien un estorbo, un exceso inútil a eliminar, o mejor, a controlar, en estrecha concordancia con la polémica anticorporativa efectuada en otro lugar, la normalización de los detalles decorativos hace anacrónica de golpe la inventiva y la libertad creativa

antes asignada a canteros, escultores y decoradores, que ven así perder sus funciones tradicionales. La "recuperación del Clasicismo" tiene un significado preciso: asegura la plena disponibilidad de una serie normalizada de elementos relacionados entre sí por una gramática puramente métrica, hasta el punto de hacer permanente el uso de cada elemento, conceptualmente secundaria su individualización, experimental y verificable su montaje.

(...)

De esta manera la construcción perspectiva recoge el objetivo de la universalidad, desvinculándose a priori de una tipología de espacio curvo, plano como "interrupción de la pirámide visiva", rítmico realizado por la reiteración de los núcleos espaciales, son sólo elementos disponibles para la intención de estructuras variables hasta el infinito. Y se comprende por qué: se tiende a la demostración de absoluta racionalidad del espacio y de su universalidad, el espacio central, el espacio longitudinal, las superficies planas, las superficies envolventes deben resultar equivalentes. El organismo arquitectónico en este sentido es el lugar de la síntesis de los espacios. (Fig.9.)

Dice Benévolo:

Las formas convencionales de los órdenes arquitectónicos y de sus respectivos complementos, que ya los romanos habían tomado de la tradición helenística, son nuevamente aceptados como modelos ideales, aptos para transformar el repertorio infinitamente

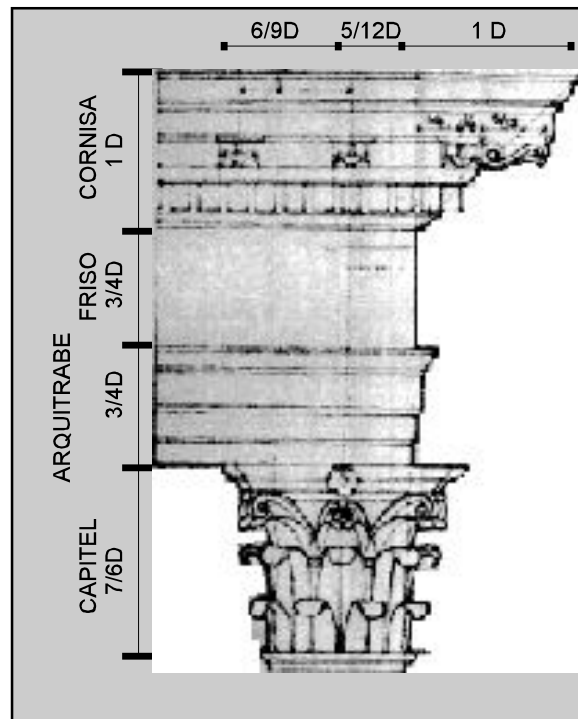


Fig. 10. Proporción y sintaxis en el orden corintio

variado de la tradición gótica en un repertorio finito y normalizado. Se hace indispensable enumerar las consecuencias de esta elección, que partiendo de los detalles hace cambiar totalmente la naturaleza de los organismos arquitectónicos y el procedimiento de proyección:

a) ...las formas de los elementos arquitectónicos no son ideadas "a posteriori" para cada edificio, porque están ya definidas "a priori", con sus proporciones correspondientes y casi todas sus particularidades decorativas; es decir están, como diríamos hoy, "normalizadas".

(...)

b) Los elementos normalizados sobre la guía de los modelos antiguos, no son partes independientes, sino que resultan ligados entre sí por correspondencias proporcionales, igualmente normalizadas, formando algunas asociaciones típicas que se denominan "órdenes arquitectónicos". (Fig.10)

(...)

Limitada así la casuística de las posibles asociaciones, la composición del edificio puede ser analizada y reducida a un esquema geométrico (el cual define la posición recíproca de los elementos típicos) lo bastante simple como para poder ser percibido con claridad a través de la distribución de los elementos.

(...)

Las partes de un orden arquitectónico forman un sistema cerrado, enlazado por ciertas correspondencias internas, y todo él está en relación con los demás miembros del edificio, mediante ciertas medidas principales, que solamente entran en juego respecto del esquema general.

De esta manera, el esquema puede ser referido unívocamente al edificio concreto, puesto que es posible fijar exactamente sus puntos de aplicación, respecto a las estructuras arquitectónicas; caso de que el esquema esté subordinado a cálculos proporcionales abstractos, estos pierden su carácter misterioso y cabalístico, porque sirven para enlazar entre sí un número limitado de medidas: aquellas que, en la conjunción de los órdenes arquitectónicos, actúan como variables independientes.

Por tanto, la normalización de los elementos constructivos plantea el problema de una representación general del espacio geométrico, susceptible de concretarse después sustituyendo los elementos lineales por el espesor y la consistencia de los elementos normalizados.

La conformación de los elementos depende del lugar que ocupen en el esquema, debiendo resultar iguales aquellos elementos que ocupen posiciones equivalentes, esta exigencia, (...) está en plena contraposición a la tradición medieval, que considera cada forma como perpetuamente variable hasta el momento de su ejecución, y al edificio, como una obra abierta donde puede constatarse claramente la estratificación de las sucesivas intervenciones.

Podemos comprobar que todo el estudio de las proporciones y relaciones en la arquitectura no es ajeno a nuestro tiempo. Le Corbusier realizó un estudio acerca de este tema, que tanto le preocupaba, y publicó en el año 1948 "El Modulor", "aplicable universalmente en la arquitectura y la mecánica". Lea- mos algunos fragmentos sueltos que nos ayudaran a comprender el proceso llevado a cabo por él para llegar a su sistema de proporciones. (Fig. 11.)

... sueño con instalar en las obras que cubran más tarde el país un enrejado de proporciones trazado sobre el muro, o apoyado en él, hecho con hierros laminados y soldados, que serán la regla de la obra, el modelo que inicie la serie limitada de las combinaciones y de las proporciones. El albañil, el carpintero de armar y el ebanista

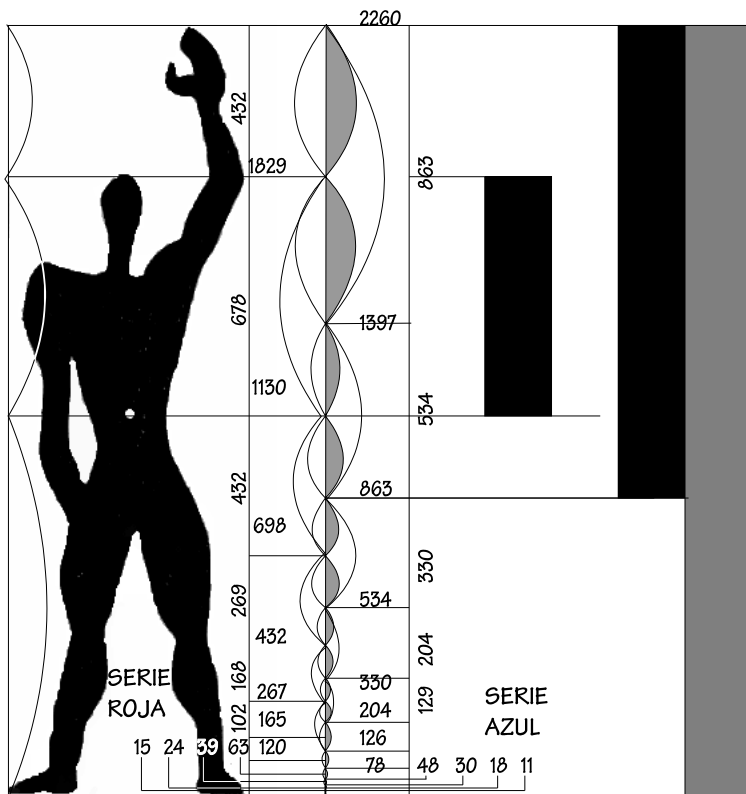


Fig 11. Modulor. Le Corbusier. Series roja y azul.

vendrán a escoger así las medidas para sus trabajos, todos los cuales, diversos y diferenciados serán testimonios de la armonía.

(...)

"Tome el hombre con el brazo levantado de 2,20 m. de alto, inscribalo en dos cuadrados superpuestos de 1, 10 m., móntelo a caballo sobre los dos cuadrados el tercer cuadrado que resulte le dará una solución. El lugar del ángulo recto debe poderle ayudar al tercer cuadrado."

(...)

"Con este enrejado regido por el hombre, instalado en su interior, estoy seguro de que Usted llegará a una serie de medidas que pondrán de acuerdo la estatura humana (el brazo levantado) y la Matemática".

(...)

El 30 de marzo de 1945 someto muy en serio a estudio el enrejado de proporciones... preparamos una serie de láminas que, a nuestros propios ojos, demuestran la riqueza de las combinaciones posibles, y damos entonces un valor humano a la combinación geométrica descubierta, adoptando para ello la estatura de un hombre de 1,75 m.

El enrejado queda dimensionado en lo sucesivo: 175 - 216,4 - 108, 2 , medida en las cuales se puede advertir la serie creciente $B = 1,2,3,4,5$, etc. en la que cada término es igual a la suma de los dos anteriores.

En este momento saqué patente a la invención.... se puede afirmar desde ahora que esta regla se adapta al cuerpo humano y sus puntos esenciales de ocupación del espacio, y que tiene en cuenta la más sencilla y esencial evolución matemática de un valor, a saber: la unidad, su doble, y las dos secciones áureas sumadas o restadas.

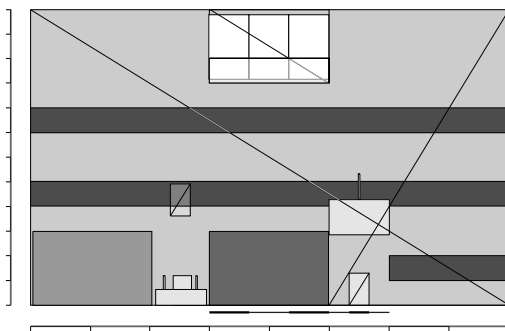


Fig. 12. Villa en Garches. Le Corbusier. Trazados reguladores

Para finalizar veamos ahora en estos dos ejemplos concretos la aplicación de los principios que rigen las proporciones. Dichos ejemplos son: la fachada de

la Iglesia de Santa María Novella en Florencia, de Alberti, analizado por Rudolf Wittkower, y la iglesia de Santo Spirito de Brunelleschi, analizada por Leonardo Benévo!o.

Dice Wittkower:

Todos los elementos nuevos que Alberti introdujo en la fachada -las columnas, el frontón, el ático y las volutas- hubieran estado condenados a permanecer como elementos independientes, de no haber sido por la armonía global que servía de base y de fondo a toda su teoría. La armonía -la esencia de la belleza- consiste, en la relación de unas partes con otras y de estas con el todo, y, en realidad, un sólo sistema de proporción gobierna la fachada, pues colocación y tamaño de cada parte y detalles individuales se hallan precisados y definidos por aquel. Las proporciones recomendadas por Alberti son las simples proporciones de 1 a 1, de 2 a 2, de 1 a 3, 2 a 3, 3 a 4, etc., que son los elementos de la armonía musical que Alberti encontró en los edificios clásicos. El diámetro del Panteón, por ejemplo, guarda una exacta correspondencia con su altura, de manera que la mitad de su diámetro corresponde a la altura de la subestructura, así como a la cúpula, y así sucesivamente.

Tales, pues, los simples cocientes usados por Alberti. La fachada entera de Santa María Novella puede inscribirse exactamente dentro de un cuadrado. Un cuadrado, cuyo lado es igual a la mitad del cuadrado mayor, define también la relación de ambos pisos. El piso principal puede dividirse en dos de estos cuadrados, en tanto que el superior se halla comprendido dentro de uno solo. En otras palabras: el edificio total se halla relacionado con sus partes principales en la proporción de 1 a 2, que en términos musicales es una octava, y ésta proporción se repite en el cociente entre el ancho del piso superior y del pisos inferior.

El mismo cociente de 1 a 2 reaparece en las subunidades de cada uno de los pisos. El entrepaño central del piso superior forma un cuadrado perfecto y sus lados son iguales a la mitad del ancho de todo el piso. Dos cuadrados de igual tamaño circunscriben el frontón y el entablamento superior que, en conjunto, vienen a tener exactamente la misma altura que el piso que los sostiene. La mitad el lado de este cuadrado guarda correspondencia con el ancho de los entrepaños laterales superiores y es igual, a sí mismo, a la altura del ático -las volutas forman una diagonal de un cuadrado, cuyo lado guarda con la altura del ático la relación de 5 a 3 y con la altura de la ringlera superior, a de 5 a 6. La misma unidad define las proporciones del entrepaño de la entrada. La altura de esta es una vez y media su ancho, de modo que la relación del ancho con la altura es aquí, de 2 a 3. Finalmente, las oscuras incrustaciones cuadradas del ático son iguales a la tercera parte de la altura de ésta, y dichos cuadrados se relacionan con el diámetro de las columnas en la proporción de 2 a 1. De esta manera, toda la fachada se halla geoméricamente construida en función de una duplicación progresiva o, si se prefiere, de una reducción progresiva de los cocientes a la mitad,

Es evidente, entonces, que la exigencia teórica de Alberti de mantener en todo el edificio la misma proporción ha sido llevada cabalmente a la práctica. Es esta rígida aplicación de la concepción de la armonía la que señala el carácter no medieval de esta fachada pseudo-proto-renacentista, y que la convierte en la primera gran exponente renacentista de la "euritmia" clásica. (...)

Dice Benévolo sobre Santo Spirito de Brunelleschi:

(...) Todas las medidas planimétricas de Santo Spirito se deducen, pues, de una sola: el lado de la "campata" menor, que mide exactamente 11 brazas.

Las medidas altimétricas están subordinadas como en San Lorenzo, a dos órdenes arquitectónicos que señalan la imposta de las cubiertas del deambulatorio y de la cruz central (previstas todas con bóveda, como admiten ya unánimemente los críticos modernos) y proporcionadas, más o menos, en relación con la altura, respectiva, es decir, con la distinta escala de los ambientes que van a enmarcar diferencia de lo que ocurre en la otra iglesia).

(...)

En el caso de Spirito Santo parece que las cotas altimétricas debieron ser medidas sobre el plinto de base, que proporciona una especie de plano teórico de colocación, puesto que columnas y pilastras se apoyan directamente sobre el suelo, y la altura del plinto absorbe las inevitables desigualdades de nivel. :

Sin considerar el plinto, el orden menor tiene 16 y 1/2 brazas de altura, equivalente a 11 veces el diámetro de base de las columnas (que miden 1 y 1/2 brazas) y a 1 y 1/2 vez el intercolumnio. La correspondencia entre columna y entablamento es de 6:1, levemente menor que el observado en la Sacristía de San Lorenzo y en la Capilla Pazzi; parece evidente que Brunelleschi intentó distintas formulaciones de estas correlaciones que posteriormente serían codificadas por los tratadistas.

Los arcos sobre el orden menor son perfectamente circulares, como es habitual, y la decoración de la arquivolta equivale a la mitad del espesor del entablamento; sí, la altura total del sistema formado por el orden y los arcos, medida sobre la arquivolta, es de 22 brazas (es decir, doble que el intercolumnio).

(...)

... las medidas planimétricas y altimétricas del Santo Spirito forman un sistema unitario subordinado a una sola cota; el intercolumnio de 11 brazas. Este resultado no es sino el desarrollo del método de proyección para cotas enteras experimentales usado en las obras precedentes: en este caso, el submúltiplo, no es la braza, sino una medida mayor, el intercolumnio de 11 brazas, o si se prefiere, la mitad del intercolumnio (5 y 1/2 brazas). De esta última medida se deducen todas las cotas principales del edificio,

multiplicándola por la serie aritmética:

- 1 profundidad de los absidiolos.
- 2 intercolumnio del orden menor.
- 3 altura del orden menor y cota de imposta de las bóvedas de las naves laterales.
- 4 altura hasta la clave de los arcos, de las naves laterales, e intercolumnio del orden mayor.
- 5 cota probable de imposta de las bóvedas de la nave mayor.

Los dos brazos de la cruz latina formada por la nave central se obtienen de la misma medida, multiplicándola por 12 y por 24, y los dos ejes de la iglesia multiplicándola por 18 y por 30.

Estas medidas de conjunto están entre sí en la misma relación (2:3:4:5) y se pueden suponer obtenidas multiplicando un módulo más grande, que equivaldría a la suma de las anchuras de las dos naves. La iglesia del Santo Spirito es pues el prototipo de la composición basada en relaciones simples (es decir, en la adición de elementos métricos iguales) que Wittkower considera típica de la cultura renacentista.

Si la proyección brunelleschiana implica, como hemos dicho, distintas escalas métricas correspondientes a los diversos trabajos, aquí es posible especificar, al menos, tres de ellas: la correspondiente a las medidas de conjunto del organismo entero y de sus relaciones urbanísticas, dependientes del módulo de 5 y 1/2 brazas; la correspondiente a las medidas de detalle en el edificio, derivadas de la braza y de sus submúltiplos, hasta el doceavo, y por último, la correspondiente a los remates en piedra (molduras, capiteles, y elementos decorativos varios) que utiliza indudablemente una ulterior serie de submúltiplos. El módulo mayor (5 y 1/2 brazas) y el módulo menor (1 / 12 de braza) son las medidas que establecen el paso de una a otra escala, asegurando la continuidad de todo el sistema de acotación.

Esta misma coherencia entre el conjunto y los detalles debió impresionar favorablemente a los contemporáneos de Brunelleschi, aunque no estuvieran preparados todavía para aceptar plenamente la lección del maestro, de ahí el gran prestigio que alcanzó el edificio en su época, hasta el punto de ser considerado por Vasari como "el templo más perfecto de la cristiandad". Pero precisamente por su rigor y originalidad desconcertó a los continuadores que debían haber seguido el proyecto de Brunelleschi y no lo hicieron, alterando así gravemente su original disposición.