

# Trazados geométricos en la carpintería de los palacios valencianos: estudio de teselaciones

## Geometric patterns in the carpentry of palaces in Valencia: a study of tessellations

**Alba Soler Estrela**   
Universitat Jaume I. [estrela@esid.uji.es](mailto:estrela@esid.uji.es)

Received 2022-03-25  
Accepted 2023-02-23



To cite this article: Soler Estrela, Alba. "Geometric patterns in the carpentry of palaces in Valencia: a study of tessellations." *VLC Arquitectura* 10, no. 1 (April 2023): 153-179. ISSN: 2341-3050. <https://doi.org/10.4995/vlc.2023.17260>



**Resumen:** La arquitectura valenciana vivió un momento de esplendor durante los siglos XIV, XV y XVI en un tiempo de desarrollo económico, en correspondencia con la expansión por el Mediterráneo de la Corona de Aragón. Personajes nobles construyen casas señoriales y palacios que destacan por su riqueza arquitectónica y acabados decorativos. Entre ellos cabe señalar los dibujos geométricos de la carpintería de sus puertas y ventanas, que resultan característicos de este tipo de edificio en la época y entorno geográfico mencionado. En algunos casos pueden suponerse originales, pero dadas sus características, son elementos que han podido sufrir renovaciones y sustituciones, en algunos casos datadas en el siglo XX. Se presenta una aportación a su conocimiento, aplicando una metodología de análisis de los trazados decorativos, que puede ser complementaria a estudios de tipo histórico, dentro de un enfoque multidisciplinar. A partir de un número representativo de casos se analiza la generación de formas en base a las teselaciones regulares y semirregulares, descubriéndose un variado repertorio. Ello permite establecer una clasificación y descripción de los distintos tipos, que se definen gráficamente y se ilustran con ejemplos de aplicación concreta y de adaptación a las formas de las portadas y ventanales.

**Palabras clave:** análisis gráfico; diseño geométrico; carpintería mudéjar; trazados renacentistas.

**Abstract:** Valencian architecture experienced a moment of splendour from the 14th to the 16th century at a time of economic development which coincided with the expansion of the Crown of Aragon throughout the Mediterranean. Members of the aristocracy built stately homes and palaces which stood out for their rich architecture and decorative finishes. Among these it is worth noting the geometric patterns of the carpentry of doors and windows, which were a feature of this type of building at the time in this area. While in some cases these can be assumed to be the original elements, their characteristics suggest that some may have been renovated or replaced, some in the 20th century. This contribution to their study applies a methodology for the analysis of the decorative designs, which aims to complement historical studies within a multidisciplinary approach. A representative number of cases is analysed according to shapes generated based on the regular and semi-regular tessellations, revealing a varied repertoire. This makes it possible to establish a classification and description of different types, graphically defined with examples illustrating specific applications adapted to the shapes of doors and windows.

**Keywords:** graphic analysis; geometric design; mudejar carpentry; renaissance patterns.

## PALACIOS SEÑORIALES VALENCIANOS

El Reino de Valencia ocupó un papel destacado en la Corona de Aragón durante los siglos XIV, XV y XVI, momento en el que alcanzó su máximo esplendor gracias a su expansión por el Mediterráneo. Esto hizo que Valencia fuera, a finales del siglo XV, un auténtico emporio,<sup>1</sup> reflejándose en grandes construcciones públicas como el recinto amurallado y sus imponentes torres, los puentes y defensas del río; o la arquitectura religiosa, con obras en la catedral, conventos, iglesias y edificios civiles tan destacados como las Atarazanas o la extraordinaria Lonja de los Mercaderes.

Surge también un tipo de casas señoriales pertenecientes a personajes nobles, denominados posteriormente con el término palacio (*palau*). Eran similares en los estados mediterráneos de la Corona de Aragón. Respondían a una configuración que se repetía, en torno a un patio descubierta, seña de identidad de estas casas y que mostraba el poderío de sus dueños,<sup>2</sup> en el que una escalera de honor conducía a la planta principal. Desde el exterior se observaba generalmente un desarrollo en altura de planta baja, entresuelo, planta noble y andana.<sup>3</sup>

Aunque la estructura de su planta se mantenía invariable a la construcción gótica, se superponían arquitecturas flamígeras o renacentistas en el lenguaje estético de su momento cultural. Cabe resaltar la temprana incorporación de elementos renacentistas, consecuencia de la intensa relación con Roma y Nápoles y, por otra parte, la coexistencia de elementos de tradición andalusí, debido a que la población mudéjar era mayoritaria en el Reino.

La ciudad de Valencia contaba con centenares de estos edificios. Aunque muchos han desaparecido y otros están desfigurados, todavía se conservan excelentes ejemplos. Contienen diversos elementos arquitectónicos de interés formal: fachadas con trabajadas portadas, ventanas trilobuladas, ricos artesonados, alfarjes policromados, paramentos decorados y pavimentos.

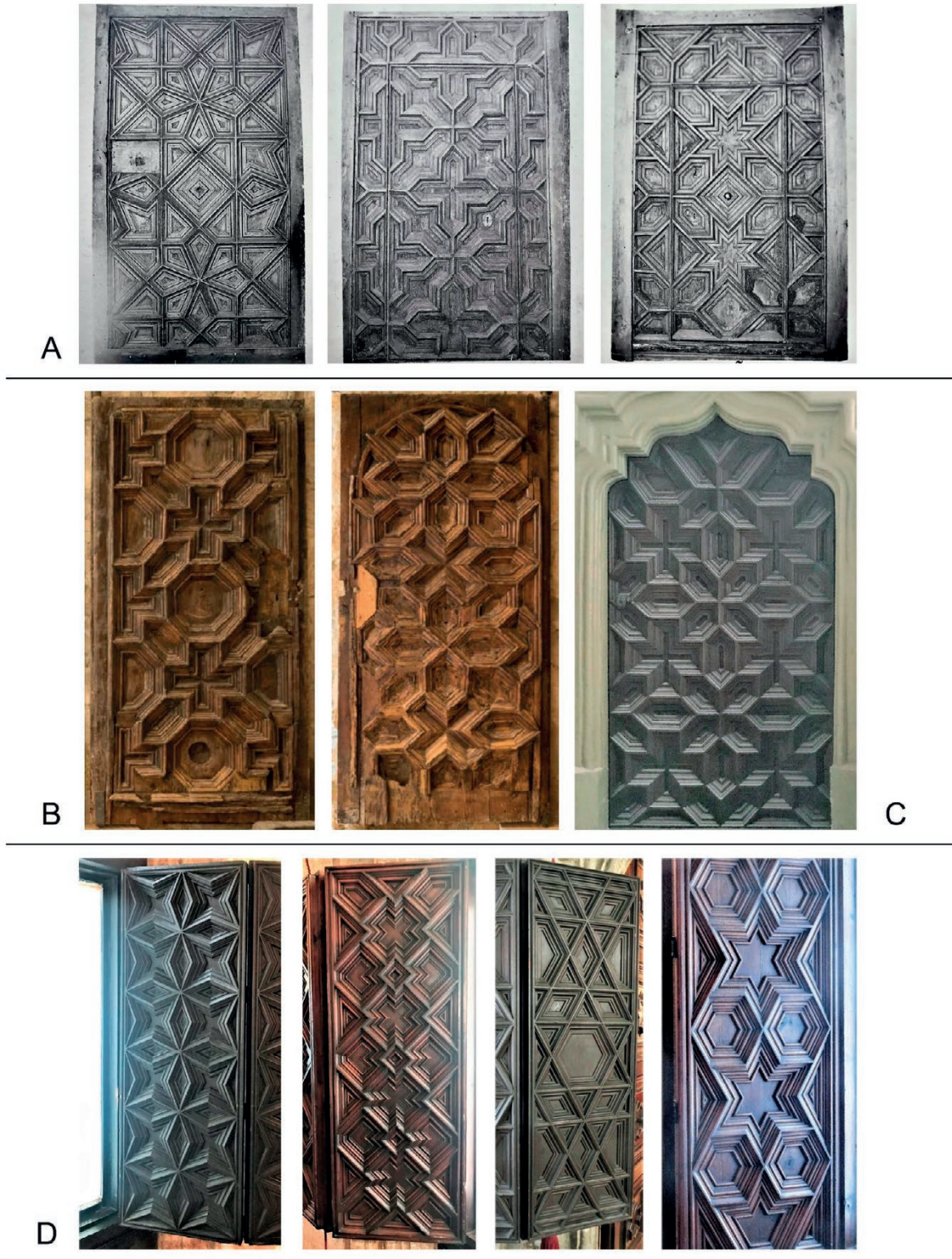
## VALENCIAN PALACES

The Kingdom of Valencia played a notable role in the Kingdom of Aragon in the 14th to 16th centuries when its expansion reached its apogee throughout the Mediterranean. This meant that by the late 15th century Valencia had become a veritable empire,<sup>1</sup> as reflected in major public constructions such as walled complexes with imposing towers, bridges and river defences; or in religious works such as the cathedral, convents, churches or notable civilian buildings such as the Atarazanas or the extraordinary Lonja de los Mercaderes.

At this time a type of stately home belonging to members of the aristocracy also appeared, later to be known as palaces (*palaus*). These were similar in the Mediterranean states of the Crown of Aragon. Their layout tended to be repeated, with an open courtyard, characteristic in these houses and representing the owners' power,<sup>2</sup> with a grand staircase leading to the main floor. Outwardly, a general increase in height is observed, incorporating a ground floor, mezzanine, main floor and a row of arches.<sup>3</sup>

Although the structure of the floor plan did not vary from those of Gothic constructions, Flamboyant and Renaissance architectures were superimposed on this following the aesthetic language of the culture of the time. It is worth highlighting the early incorporation of Renaissance elements, the result of the close relationship with Rome and Naples, as well as the coexistence of elements from the Al-Andalus tradition given the majority Mudéjar population in the Kingdom.

Hundreds of these buildings could be found in the city of Valencia. Although many have disappeared or been damaged it is still possible to find excellent examples. These buildings include different architectural elements with interesting forms: façades with ornate doors, three-lobed windows, elaborate coffered ceilings, polychrome *alfarje* ceilings, decorated walls, and flooring.



**Figura 1.** Fotografías: A- Puertas desaparecidas del Palau d'En Bou (Valencia), B- Puertas en Museo de Traiguera (Traiguera), C- Puerta de Palau dels Almiralls (Valencia), D- Contraventanas de Palau Generalitat Valenciana (Valencia).

**Figure 1.** Photographs: A- Missing doors of the Palau d'En Bou (Valencia), B- Doors at the Museo de Traiguera (Traiguera), C- Door of Palau dels Almiralls (Valencia), D- Shutters of Palau Generalitat Valenciana (Valencia).

Otro elemento característico es la carpintería de sus puertas y contraventanas. Frente a la simplicidad de otros elementos arquitectónicos, destaca la variedad y riqueza formal de sus motivos decorativos, merecedores de un análisis (Figura 1). Se ha localizado un número significativo de casos, que permite su estudio comparativo.

### CARPINTERÍA: PUERTAS Y VENTANAS

La decoración de elementos planos ha sido aplicada a lo largo de la historia sobre diversidad de materiales y elementos: azulejería, pavimentos, yeserías o carpinterías. Aunque los trazados geométricos pueden partir de un análisis común, hay que tener en cuenta las particularidades de cada uno. En el caso de la carpintería estudiada las formas se materializan mediante la talla de madera. Las puertas o contraventanas están formadas por una estructura de largueros y peinaos que quedan en la cara posterior, sobre los que se clavan unos tablones, dejando la cara exterior plana, en la que se plasma la decoración. Esta consiste en un trazado geométrico de listones clavados al tablero, que pueden relacionarse con la tradición mudéjar.<sup>4</sup>

#### La cuestión de la datación

Debe considerarse que la carpintería presenta una especial problemática en su conservación. En muchos casos los edificios pasaron una época de abandono, en el que las puertas y ventanas pudieron deteriorarse gravemente, o en otros casos sufrir el expolio al ser un elemento fácil de desmontar y trasladar a otros lugares. Posteriormente los edificios han tenido distintas intervenciones, como restauraciones o incluso reconstrucciones parciales, en los que se habría incorporado la carpintería actual, en algunos casos durante la primera mitad del siglo XX. Las puertas y ventanas podrían ser una copia y sustitución de las anteriores en mal estado, o una recreación de la época. Las consideraciones sobre la autenticidad son importantes, y serían objeto de un complejo estudio específico, que debería incorporar técnicas arqueométricas (carbono14, dendrocronología, etc.),

Another characteristic element is the carpentry of doors and shutters. In contrast with the simplicity of other architectural elements it is interesting to highlight the rich formal variety of decorative motifs, deserving of analysis (Figure 1). The large number of cases found makes their comparative study possible.

### CARPENTRY: DOORS AND WINDOWS

Throughout history, numerous materials and flat elements such as tiles, paving, plasterwork or carpentry have been decorated. While examples of geometric pattern may all stem from a common analysis, their unique aspects should be examined on a case-by-case basis. In the case of the carpentry studied, wood carving produces a material form. Doors or shutters are made up of structures of rails and stiles at the back, to which some boards are nailed to form the flat outer face, where the decoration is added. This decoration consists of a geometric tracery of strips of wood nailed to the board and associated with Mudejar tradition.<sup>4</sup>

#### The issue of dating

It should be taken into consideration that the conservation of carpentry is particularly problematic. In many cases, these buildings were abandoned for some time, during which doors and windows may have deteriorated seriously or been plundered as they were elements which could easily be dismantled and transported elsewhere. The buildings subsequently underwent different interventions such as restoration or even partial reconstruction, incorporating some of the current carpentry, at times dating to the first half of the 20th century. The doors and windows could be copies or replacements of previous ones in poor condition, or a reinvention of the time. Considerations on authenticity are important and will be the subject of a complex specific study incorporating techniques of archaeometric (carbon14, dendrochronology, etc.), as well

tipológicas (cronotipos) y metrológicas (antropometría). La investigación que se expone es una aportación enfocada únicamente en el análisis de los patrones decorativos.

### Estudio de casos

El trabajo se ha basado principalmente en los casos que existen en la actualidad en los propios edificios, aunque también se han tenido en cuenta los casos desaparecidos a través de fotografías, dibujos, o ejemplares conservados en museos. El entorno geográfico del estudio ha sido el del Reino de Valencia. Pertenecen mayoritariamente a casas señoriales (*palaus*), aunque puntualmente se ha considerado algún otro caso de arquitectura religiosa o civil. Para su análisis, los edificios se han numerado (de E1 a E17). La mayoría de ellos se sitúan en la ciudad de Valencia: *Palau de la Generalitat Valenciana* (E1), *Palau d'En Bou*<sup>5</sup> (E2), *Palau dels Almiralls* (E3), *Palau de Mosén Sorell* (E4),<sup>6</sup> *Palau dels Escrivà* (E5), *Palau de la Scala* (E6), *Palau dels Malferit* (E7) y la *Lonja de la Seda* (E8). En otras localidades como en Gandía: *Palau Ducal* (E9); en Alfahuir: *Monasterio de San Jerónimo de Cotalba* (E10); en Alzira: *Casa Consistorial* (E11); en Oliva: *Palau dels Centelles* (E12);<sup>7</sup> en Albalat dels Sorells: *Palau dels Sorells* (E13); en Alacuás, *Palau Aguilar* (E14). En el área del Maestrazgo, en Forcall: *Palau dels Osset* (E15);<sup>8</sup> en Traiguera: *Real Santuario de la Virgen de la Salud* (E16); y en Morella: *Palau del Cardenal Ram* (E17).

Es de especial interés, en el Santuario de Traiguera (E16), la visita al Museo de la Obra. Recoge la carpintería que se encontraba en el propio edificio y que fue sustituida en las obras de restauración llevadas a cabo durante la segunda mitad del siglo XX (Figura 2).

En los edificios indicados, se han analizado más de 67 casos de puertas o ventanas. Se considera un número suficiente para que sean representativos, y puedan utilizarse para establecer el análisis de tipos y extraer ejemplos. No obstante, hay que tener en cuenta la existencia de más casos, y se pueden suponer muy numerosos los que han desaparecido.

as typological (chronotypes) and metrological (anthropometry) ones. The research is presented in a contribution which focuses solely on the analysis of decorative patterns.

### Case studies

This research focuses mainly on the cases identified at present in the buildings, although missing cases have also been incorporated through photographs, drawings or examples conserved in museums. The study was carried out in the geographical area of the Kingdom of Valencia. While most case studies involved stately homes (*palaus*), occasionally cases of religious or civil architecture were also considered. For the purposes of analysis, the buildings were numbered (E1 to E17). Most are found in the city of Valencia: *Palau de la Generalitat Valenciana* (E1), *Palau d'En Bou* (E2),<sup>5</sup> *Palau dels Almiralls* (E3), *Palau de Mosén Sorell* (E4),<sup>6</sup> *Palau dels Escrivà* (E5), *Palau de la Scala* (E6), *Palau dels Malferit* (E7) and *Lonja de la Seda* (E8). Examples found in other towns and villages include *Palau Ducal* (E9) in Gandía; *Monasterio de San Jerónimo de Cotalba* (E10) in Alfahuir; *Casa Consistorial* (E11) in Alzira; *Palau dels Centelles*<sup>7</sup> (E12) in Oliva; *Palau dels Sorells* (E13) in Albalat dels Sorells; and *Palau Aguilar* (E14) in Alacuás. Examples found in the Maestrazgo region are *Palau dels Osset*<sup>8</sup> (E15) in Forcall; *Real Santuario de la Virgen de la Salud* (E16) in Traiguera; and *Palau del Cardenal Ram* (E17) in Morella.

A visit of special interest is that to the *Museo de la Obra* in the Santuario de Traiguera (E16), housing the carpentry found in the building itself, but which was replaced in the restoration work carried out in the second half of the 20th century (Figure 2).

Over 67 cases of doors or windows were analysed in the buildings mentioned. This number is considered high enough to be representative, allowing them to be used for typological analysis in order to extract examples. Nevertheless, further existing cases should be taken into account and we can speculate that a very high number of cases have already disappeared.



Figura 2. Fotografías generales y de detalle de tres ejemplares expuestos en el museo del Santuario de Traiguera (sala de conferencias). De izquierda a derecha corresponden con los tipos 6B, 7B y 8A, desarrollados más adelante.

Figure 2. General and detail photographs of three examples on display in the museum of Santuario de Traiguera (conference hall). From left to right these are types 6B, 7B and 8A, developed at a later stage.

## ANTECEDENTES

### Geometría en el plano

La geometría se ha usado a lo largo de la historia para el control de las formas. En arquitectura ha servido

## ANTECEDENTS

### Geometry on the plane

Throughout history geometry has been used to control form. In architecture it has been used

tanto para dimensionar espacios, como para hacer posible los procesos constructivos, pero también para fines decorativos: azulejos, pavimentos, carpintería, etc. La manera en que se controlaban las formas venía de la mano de los instrumentos tradicionales, lo que se conoce como geometría *fabrorum*,<sup>9</sup> mediante la utilización de la regla, el compás y otros instrumentos como una regla graduada.<sup>10</sup> Los trazados reguladores se obtenían mediante la utilización de figuras geométricas,<sup>11</sup> de manera empírica se aplicaban los procedimientos para el trazado de distintos tipos de polígonos y proporciones.

Por otra parte, para analizar los motivos decorativos geométricos de elementos planos como suelos, paramentos, techos o puertas, conviene tener en cuenta el concepto de teselación. Consiste en la subdivisión del plano en piezas o figuras que lo recubran completamente sin dejar espacios. Para facilitar su aplicación, conviene buscar la repetición de piezas. El análisis de los tipos de teselación se hace a partir de los polígonos regulares. En este sentido, son conocidas las tres teselaciones regulares que utilizan solo un tipo de polígono regular: triángulos, cuadrados o hexágonos (Figura 3A). Las teselaciones semirregulares son las que contienen dos o más polígonos regulares. Existen ocho tipos<sup>12</sup> que se denominan enumerando los lados de los polígonos que rodean cada vértice (Figura 3B).<sup>13</sup>

Además, hay que tener en cuenta las teselaciones formadas por polígonos no regulares. Se consideran periódicas aquellas en las que existe un grupo de tesselas que se repiten para completar la teselación. Algunas formas pueden obtenerse a partir de polígonos regulares, y de las proporciones y formas derivados de ellos. Por ejemplo, el octógono, genera una serie de formas como diamantes, estrellas, etc., con múltiples aplicaciones en diferentes contextos.<sup>14</sup>

Un motivo recurrente en temas decorativos a lo largo de la historia han sido las estrellas, generalmente inscritas en polígonos regulares que definen el número de puntas, con distintas posibilidades de trazado (Figura 3C).<sup>15</sup> Para abordar su análisis, deben tenerse en cuenta los trazados geométricos habituales como

to establish spatial dimensions to facilitate construction processes but also for decorative purposes in tiles, paving, carpentry, etc. Form was controlled using traditional tools, in what is known as *fabrorum* geometry,<sup>9</sup> through the use of compasses, rulers and other instruments such as measuring rods.<sup>10</sup> The regulating outlines were obtained through the use of geometric figures,<sup>11</sup> applying empirical procedures for tracing different types of polygons and proportions.

In addition, it is worth mentioning the concept of tessellation for the analysis of geometric decorative motifs of flat elements such as floors, walls, ceilings or doors. This is the subdivision of the plane into pieces of figures which cover it completely leaving no spaces, repeating pieces to facilitate its application. Types of tessellation using regular polygons are analysed. In this regard, the three regular tessellations known use a single type of regular polygon: triangles, squares or hexagons (Figure 3A). Semi-regular tessellations contain two or more regular polygons. Eight types<sup>12</sup> have been identified and have been named by numbering the sides of the polygons which surround each vertex (Figure 3B).<sup>13</sup>

Other tessellations are also formed by irregular polygons. Tessellations that are made up of a group of tesserae repeated to complete the tessellation are considered periodic. Some shapes can be obtained based on regular polygons and the proportions and forms derived from them. For example, the octagon generates shapes such as diamonds or stars, with multiple applications in different contexts.<sup>14</sup>

Throughout history, stars have been a recurrent motif in decorative themes, generally appearing within regular polygons, which define the number of points with potential for different types of forms (Figure 3C).<sup>15</sup> The more common geometry, such as the six-pointed star, can be analysed

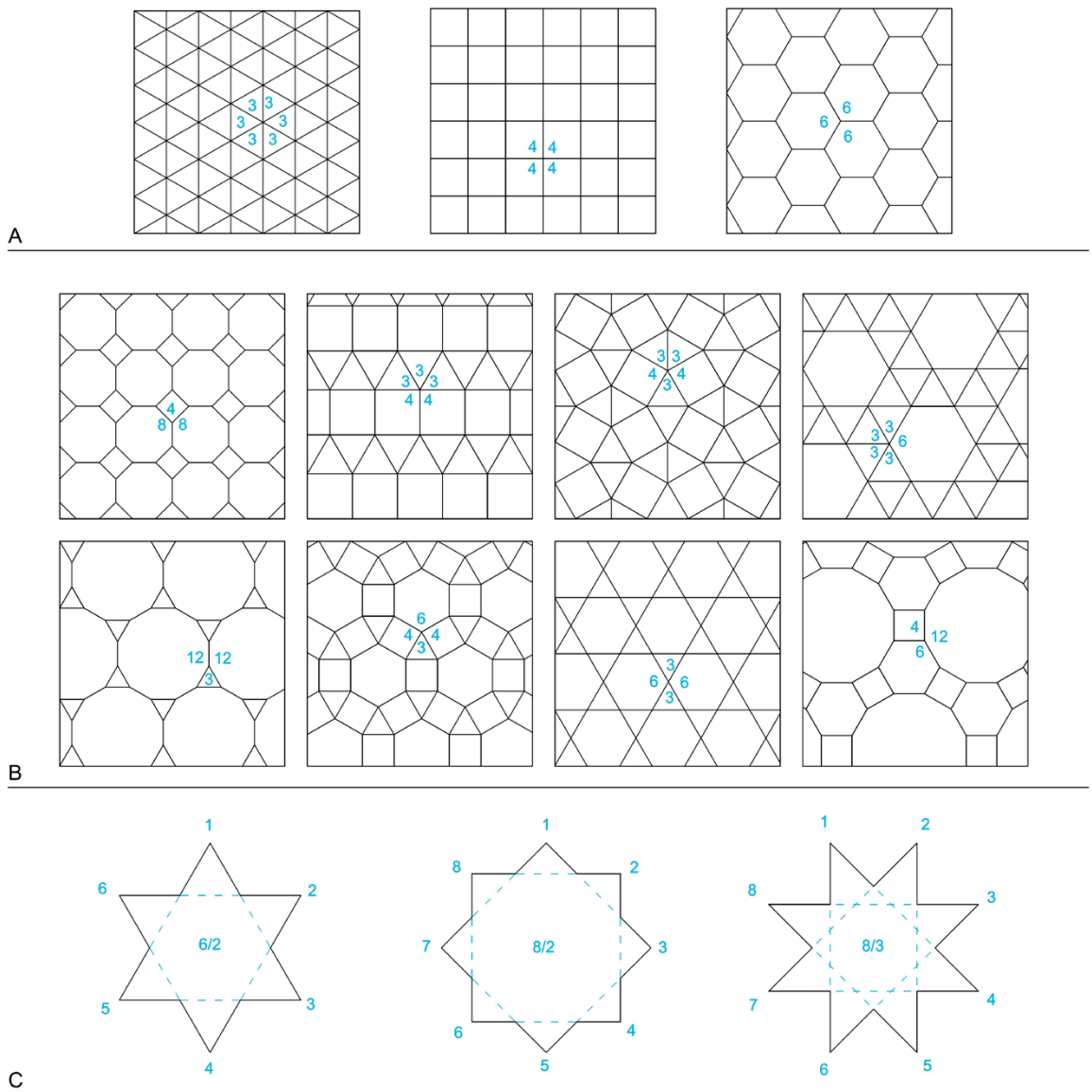


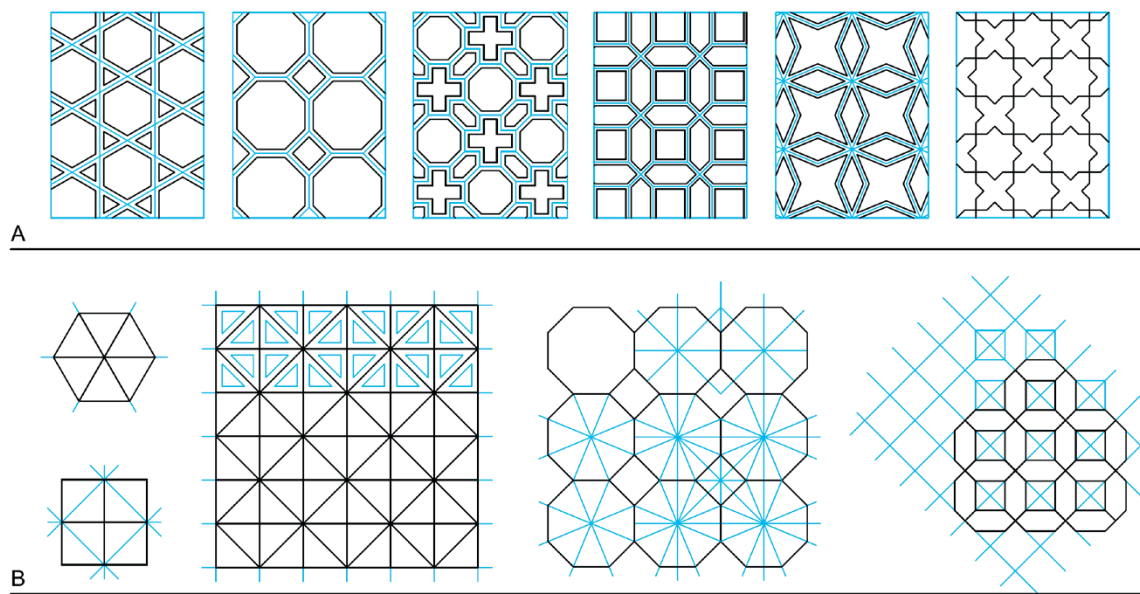
Figura 3. A- Teselaciones regulares. B-Teselaciones semirregulares. C- Ejemplos de estrellas..

Figure 3. A- Regular tessellations. B-Semi-regular tessellations. C- Examples of stars..

la estrella de seis puntas, basada en el hexágono. Especialmente relevantes son las estrellas de ocho puntas, la denominada de primer cruce (8/2), o la de segundo cruce (8/3) relacionadas con el octógono,

based on the hexagon. Eight-pointed stars, such as those connected by every second point (8/2) or connected by every third point (8/3), linked to the octagon, are particularly notable and





**Figura 4.** Recopilación de algunos de los trazados geométricos renacentistas. A-Tratado de Serlio. B- Dibujos de Leonardo da Vinci.

**Figure 4.** Selection of some of the Renaissance geometric patterns. A- Serlio's Treatise. B- Drawings by Leonardo da Vinci.

con una difusión extraordinaria en el ámbito hispano musulmán y mudéjar.

#### Contexto cultural de los trazados geométricos

El contexto histórico y cultural de los casos estudiados, hace que en la arquitectura conviviera la tradición medieval gótica con las influencias renovadoras de Italia.<sup>16</sup>

En concreto, en la Valencia de la época, la relación con Italia era muy directa, por lo que conviene tener en cuenta las fuentes renacentistas (Figura 4). Respecto a los trazados geométricos decorativos, cabe citar el tratado de Serlio,<sup>17</sup> por hacer mención específica a los motivos decorativos extraídos de la antigüedad, e incorporando ilustraciones para su posible aplicación a pinturas, techos, bóvedas, etc. También algunos de los dibujos de Leonardo da Vinci,<sup>18</sup> dentro de su variedad temática, incluyen trazados geométricos, con

were extremely widespread throughout Spanish Muslim and Mudejar territory.

#### Cultural context of geometric patterns

The historical and cultural context of the cases studied led to the coexistence within architecture of the Gothic medieval tradition and the influences of renewal from Italy.<sup>16</sup>

Given the close relationship between Valencia and Italy at this time, the Renaissance sources should be considered (Figure 4). When examining decorative geometric designs, it is worth citing Serlio's Treatise,<sup>17</sup> which specifically mentions the decorative motifs taken from antiquity, and includes illustrations to be applied to paintings, ceilings, vaults ... The same is true of some of the drawings by Leonardo da Vinci<sup>18</sup> with various themes including geometric drawings featuring

la aparición de cuadrados, hexágonos, octógonos y distintas descomposiciones en triángulos.<sup>19</sup>

Por otra parte, son también necesarias en nuestro contexto las referencias al arte hispano musulmán y mudéjar. El cuadrado y el octógono, generado con su giro a 45°, es el trazado regulador utilizado mayoritariamente en esta cultura.<sup>20</sup> Se conoce la utilización de motivos geométricos sencillos, con octógonos y cuadrados desde época temprana.<sup>21</sup> Son de especial relevancia casos como la Alhambra de Granada y el Alcázar de Sevilla, que sirven de referencia, con trazados y patrones que son copiados y repetidos,<sup>22</sup> en los que se observa un repertorio que incorpora las estrellas de seis puntas, destacando las de ocho puntas.

De manera específica cabe destacar la lacería, como recurso basado en rectas que se entrecruzan dando lugar a geometrías de polígonos estrellados. Dentro de una cierta variedad de dibujos, es destacable el lazo de ocho. Ha sido estudiado por distintos autores que parten de los estudios de Prieto y Vives, Fernández Puertas, y Basilio Pavón.<sup>23</sup> Estas composiciones se han aplicado muchas veces a alicatados, pero también a otros elementos como artesonados y armaduras de cubierta.<sup>24</sup> De manera mucho más compleja se desarrolla en distintos casos de carpintería de armar, con magníficas estructuras de cubiertas basadas en trazados geométricos.<sup>25</sup>

Desde otro punto de vista, son de interés algunos métodos geométricos utilizados por los artesanos para distintas artes, y especialmente la madera, como los descritos para el arte islámico en Marruecos.<sup>26</sup>

En un ámbito internacional, se tiene referencia de los estudios sobre trazados decorativos en el arte islámico en distintas geografías. Algunos análisis son de tipo gráfico, con breves textos que definen la geometría subyacente y las figuras formadas.<sup>27</sup> En otros casos se define el proceso de diseño de los patrones y su geometría y proporciones.<sup>28</sup> En la zona de Irán a Asia central, se ha descrito el proceso de diseño aplicado a azulejos<sup>29</sup> y se ha establecido un sistema modular con

squares, hexagons, octagons and different deconstructions into triangles.<sup>19</sup>

Equally, in this context there is also a need for references to Hispano-Muslim and Mudejar art. The square and octagon, generated with a 45° rotation, are the regulating outlines most used in this culture.<sup>20</sup> The use of simple geometric motifs with octagons and squares has been recognised since ancient times.<sup>21</sup> Cases such as the Alhambra in Granada and the Alcázar in Seville are particularly important as points of reference, with traceries and patterns that are copied and repeated<sup>22</sup> and include a repertoire incorporating six-pointed stars, while eight-pointed stars are particularly important.

The use of strapwork (*lacería*), a process based on straight lines which are inter-crossed to form geometries with star-shaped polygons, should also be highlighted. Within the relatively wide range of drawings, it is also worth noting the geometric *lazo* of eight, studied by different authors who based their research on that by Prieto y Vives, Fernández Puertas, and Basilio Pavón.<sup>23</sup> These compositions have often been applied to tilework, as well as to other elements such as coffered ceilings and roof structures.<sup>24</sup> Its development is far more complex in different cases of structural carpentry, with magnificent roof structures based on geometric patterns.<sup>25</sup>

Furthermore, it is also interesting that some geometric methods were used by artisans for different mediums, especially wood, as seen in Islamic art in Morocco.<sup>26</sup>

On an international scale, reference can be made to decorative patterns in Islamic art in different regions. Some analyses are graphic, with brief texts defining the underlying geometry and figures formed,<sup>27</sup> while in other cases the design process of the patterns and geometry and proportions are defined.<sup>28</sup> From Iran to Central Asia the design process has been described in its application to tiles,<sup>29</sup> establishing a modular

formas derivadas de la división de estrellas. Trazados similares se observan también en otras mezquitas persas.<sup>30</sup>

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TRAZADOS

La metodología aplicada comienza con la identificación de los casos diferentes, analizando la base geométrica ideal de cada uno. El objetivo es definirlos, mediante la utilización de polígonos regulares y los distintos tipos de teselaciones, empezando por las regulares y semirregulares. Este proceso permite describir su forma y establecer tipos y subtipos. Sobre la trama geométrica, se han dibujado las líneas definitivas de los patrones que se han detectado. Por otra parte, se ilustra un ejemplo idealizado de cada tipo, en su adaptación a un caso concreto de puerta o ventana, y a sus proporciones y forma particular.

*Tipo 1-* Trazados que tienen como base la teselación regular de triángulos equiláteros, TR 3.3.3.3.3.3 (Figura 5).

- 1A. La propia teselación. Ejemplo: E16.
- 1B. A partir del patrón anterior, eliminando líneas aparecen distintos dibujos con la figura del rombo. Ejemplos: E1, E13.
- 1C. Eliminando líneas aparece el hexágono rodeado de triángulos. Se forman estrellas de seis puntas unidas por los vértices y entre ellas aparece un rombo. Ejemplo: E1.

*Tipo 2:* Trazados que tienen como base la teselación regular de cuadrados, TR4.4.4.4 (Figura 5).

- 2A. La propia teselación. Ejemplos: E16, E12 (girada 45 grados).
- 2B. Introduciendo las diagonales de los cuadrados.<sup>31</sup> Ejemplo: E13.

system with shapes derived from the division of stars. Similar designs are also observed in some Persian mosques.<sup>30</sup>

## RESULTS OF THE PATTERN ANALYSIS

The methodology applied begins by identifying different cases, analysing the ideal geometric base of individual cases. The aim is to define these through the use of regular polygons and the different types of tessellations, beginning with regular and semi-regular ones, a process which describes their form and establishes types and subtypes. The definitive lines for the patterns detected were drawn on the geometric grid. In addition, an idealised example for each type is illustrated, adapted to the specific case of doors or windows, and to proportion and specific shape.

*Typo 1-* Patterns based on the regular tessellation of equilateral triangles, TR 3.3.3.3.3.3 (Figure 5).

- 1A. Actual tessellation. Example: E16.
- 1B. Based on the previous pattern, the elimination of lines produces different drawings with rhombus figures. Examples: E1, E13.
- 1C. The elimination of lines produces hexagons surrounded by triangles. Six-pointed stars are formed, joined at the vertex, with a rhombus between them. Example: E1.

*Type 2:* Patterns based on the regular tessellation of squares, TR4.4.4.4 (Figure 5).

- 2A. Actual tessellation. Examples: E16, E12 (rotated 45 degrees).
- 2B. Introducing the diagonals of the squares.<sup>31</sup> Example: E13.

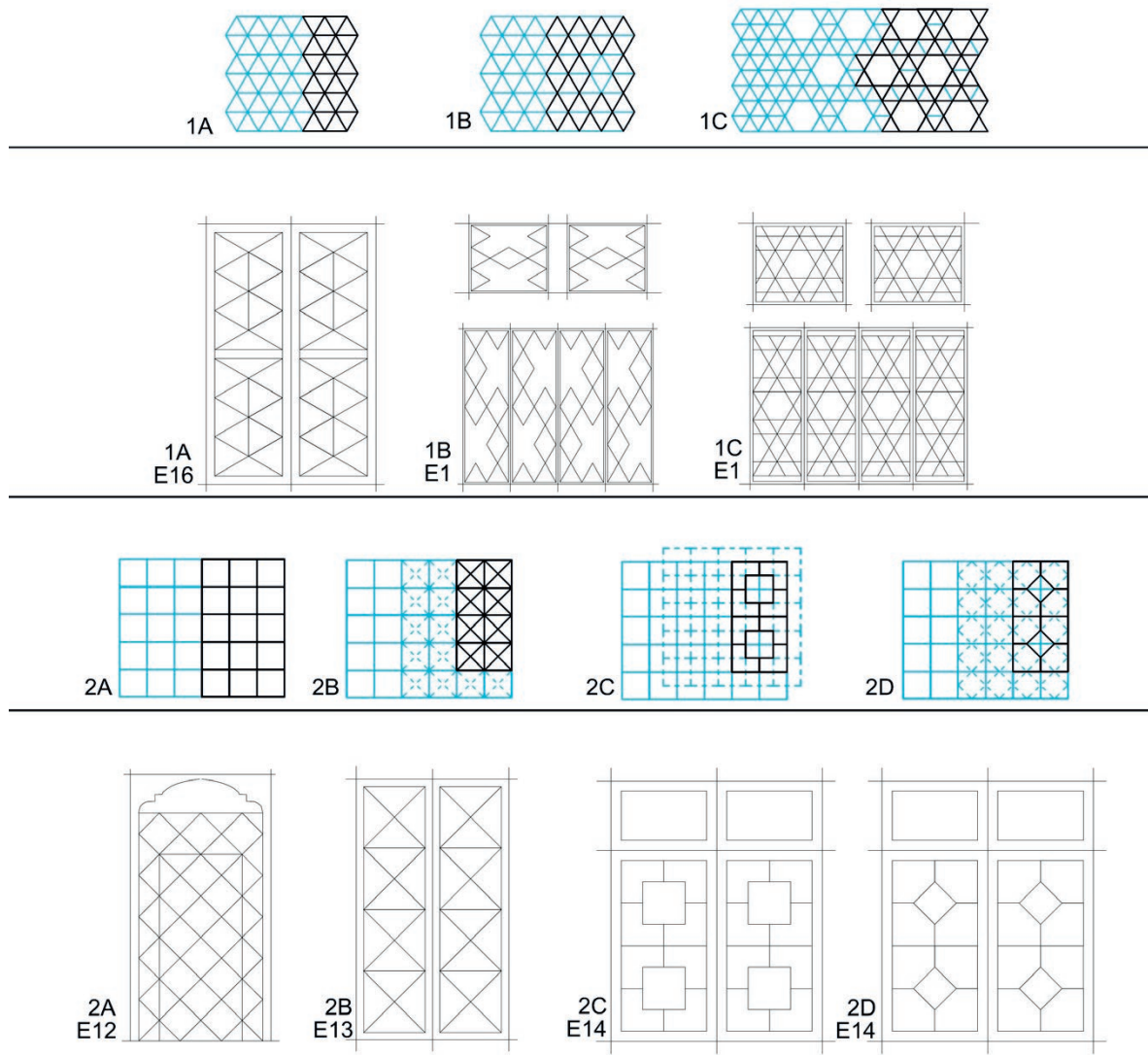


Figura 5. Base geométrica y ejemplos de los tipos 1 y 2.

Figure 5. Geometric base and examples of types 1 and 2.

2C. Superponiendo la teselación cuadrada desplazada, creando un cuadrado dentro de otro. Ejemplos: E14, E17.

2C. Superimposing the square tessellation, which has been moved to create a square within another. Examples: E14, E17.

2D. Incorporando un cuadrado interior girado. Ejemplo: E14.

2D. Incorporating a rotated interior square. Example: E14.

*Tipo 3-* Trazados que tienen como base la teselación regular de hexágonos, TR 6.6.6 (Figura 6).

- 3A. La propia teselación. Ejemplo: E16.
- 3B. Partiendo de la teselación regular, se copia y desplaza, superponiendo dos lados. Se genera una teselación periódica formada por un solo tipo de rombo (relacionada con el tipo 1), denominada teselación isométrica. Ejemplo: E1.

*Tipo 4:* Trazados que tienen como base la teselación semirregular de triángulos y hexágonos, TS 3.6.3.6 (Figura 6).

- 4A. No se ha encontrado la teselación regular pura.<sup>32</sup>
- 4B. Eliminando líneas, se generan dibujos de estrellas de seis puntas<sup>33</sup> de manera que cada una está en contacto por todos sus vértices con otras seis estrellas. Se forma una especie de lazo o rueda de seis, quedando la estrella central rodeada de seis hexágonos.<sup>34</sup> Ejemplos: E1, E6, E10, E8 y E16 con ligera variación.

*Tipo 5-* Trazados que tienen como base la teselación semirregular formada por triángulos, cuadrados y hexágonos, TS 3.4.6.4, que genera la figura del dodecágono (Figura 6).

- 5A. La propia teselación. Ejemplos: E1, E9.

*Tipo 6-* Trazados que tienen como base la teselación semirregular formada por cuadrados y octógonos, TS 4.8.8 (Figura 7).

- 6A. La propia teselación. El dibujo resultante es de octógonos unidos por sus lados, con pequeños cuadrados entre ellos.<sup>35</sup> Ejemplos: E4, E12.
- 6B. Sobre la red de octógonos se dibujan algunas diagonales en forma de x.<sup>36</sup> Ejemplo: E1, E16.
- 6C. Alternativamente se mantienen los octógonos o se sustituyen por una cruz. Las formas resultantes

*Type 3-* Patterns which are based on the regular tessellation of hexagons, TR 6.6.6 (Figure 6).

- 3A. Actual tessellation. Example: E16.
- 3B. The regular tessellation is copied and shifted, superimposing two sides. The periodic tessellation generated is made up of a single type of rhombus (linked to type 1). This is known as isometric tessellation. Example: E1.

*Type 4-* Patterns based on the semi-regular tessellation of triangles and hexagons, TS 3.6.3.6 (Figure 6).

- 4A. Pure regular tessellation was not found.<sup>32</sup>
- 4B. The elimination of lines produces six-pointed stars<sup>33</sup> so that each is in contact with another six stars at the vertices. A sort of *lazo* or wheel of six is formed, leaving the central star surrounded by six hexagons.<sup>34</sup> Examples: E1, E6, E10, E8 and E16 with a slight variation.

*Type 5-* Patterns where the base is the semi-regular tessellation made up of triangles, squares and hexagons, TS 3.4.6.4, which generate the figure of the dodecagon (Figure 6).

- 5A. Actual tessellation. Examples: E1, E9.

*Type 6-* Patterns where the base is the semi-regular tessellation made up of squares and octagons, TS 4.8.8 (Figure 7).

- 6A. Actual tessellation. The resulting drawing is a series of octagons joined at the sides, with small squares between them.<sup>35</sup> Examples: E4, E12.
- 6B. Some x-shaped diagonals are drawn on the octagonal grid.<sup>36</sup> Example: E1, E16.
- 6C. Alternatively the octagons are maintained or replaced with a cross. The resulting

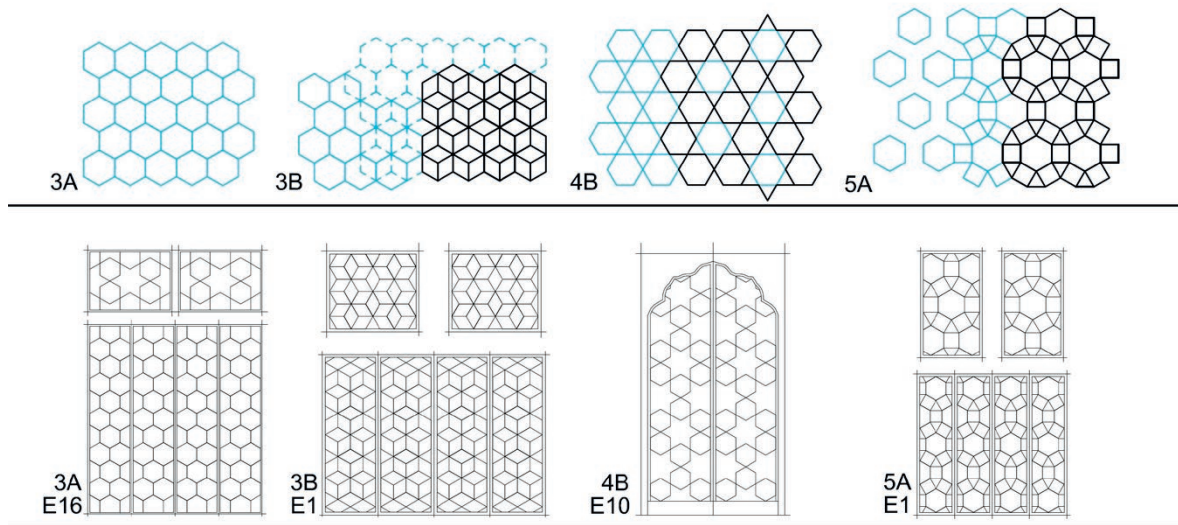


Figura 6. Base geométrica y ejemplos de los tipos 3, 4 y 5.

Figure 6. Geometric base and examples of types 3, 4 and 5.

son la cruz, el octógono y el hexágono irregular.<sup>37</sup>  
Ejemplos: E1, E7, E16.

6D. Se obtiene las figuras de la cruz y hexágonos  
irregulares. Se usa en vertical y girada 45 grados.  
Ejemplos: E3, E16.

6E. Con un proceso más complejo y la introducción  
del cuadrado girado, se dibujan otras formas.  
(Puede relacionarse con el tipo 9, en concreto con  
9A). Ejemplo: E2.

6F. Partiendo de 6A, girado, eliminando octógonos  
intermedios. Ejemplo: E16.

6G. Evolución del tipo anterior, insertando la  
geometría del rombo. Ejemplo: E16.

*Tipo 7-* Está directamente relacionado con el denomi-  
nado tipo 6 (a partir de la TS4.8.8), pero superpuesto a  
mitad del lado del octógono. Se genera un dibujo for-  
mado por un cuadrado y unos hexágonos alargados  
(Figura 7).

shapes are the cross, octagon and irregular  
hexagon.<sup>37</sup> Examples: E1, E7, E16.

6D. The figures of the cross and irregular  
hexagons are obtained, used vertically and  
rotated 45 degrees. Examples: E3, E16.

6E. By introducing the rotated square other  
shapes are drawn with a more complex  
process (These can be linked to type 9,  
specifically 9A). Example: E2.

6F. Starting from 6A, rotated, eliminating  
intermediate octagons. Example: E16.

6G. Evolution of the previous type, inserting the  
geometry of the rhombus. Example: E16.

*Type 7-* Is directly linked to type 6 mentioned  
above (based on TS4.8.8) but copied superim-  
posed halfway up the side of the octagon. The  
drawing generated is made up of a square and  
various elongated hexagons (Figure 7).

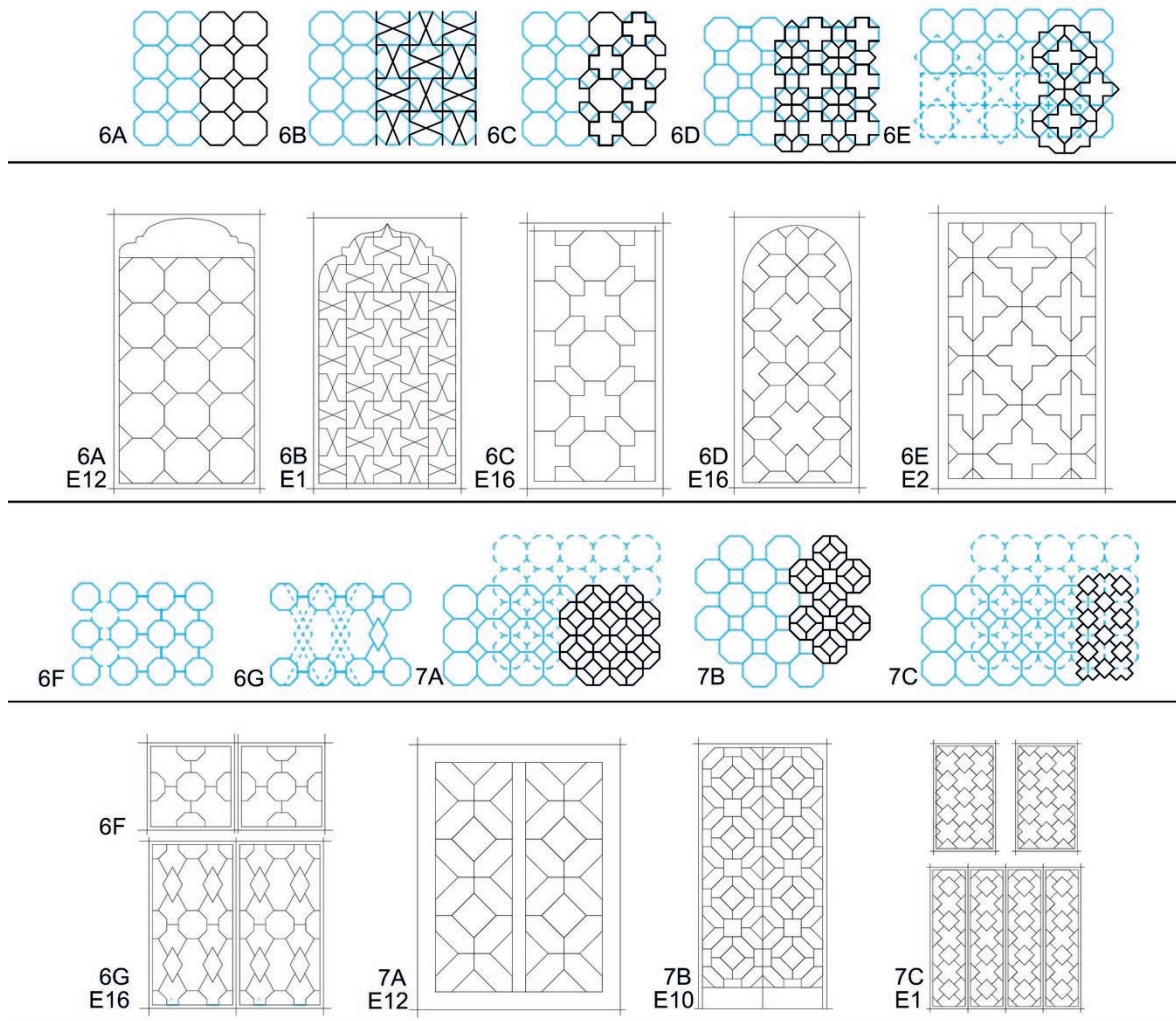


Figura 7. Base geométrica y ejemplos de los tipos 6 y 7.

Figure 7. Geometric base and examples of types 6 and 7.

7A. Directamente la teselación superpuesta.<sup>38</sup>  
Ejemplos: E1, E12.

7A. Directly the superimposed tessellation.<sup>38</sup>  
Examples: E1, E12.

7B. Copiando la subdivisión del octógono obtenida en 6A, insertada en la teselación girada.<sup>39</sup> Ejemplos: E1, E8, E9, E10, E16.

7B. Copying the subdivision of the octagon obtained in 6A, inserted into the rotated tessellation.<sup>39</sup> Examples: E1, E8, E9, E10, E16.

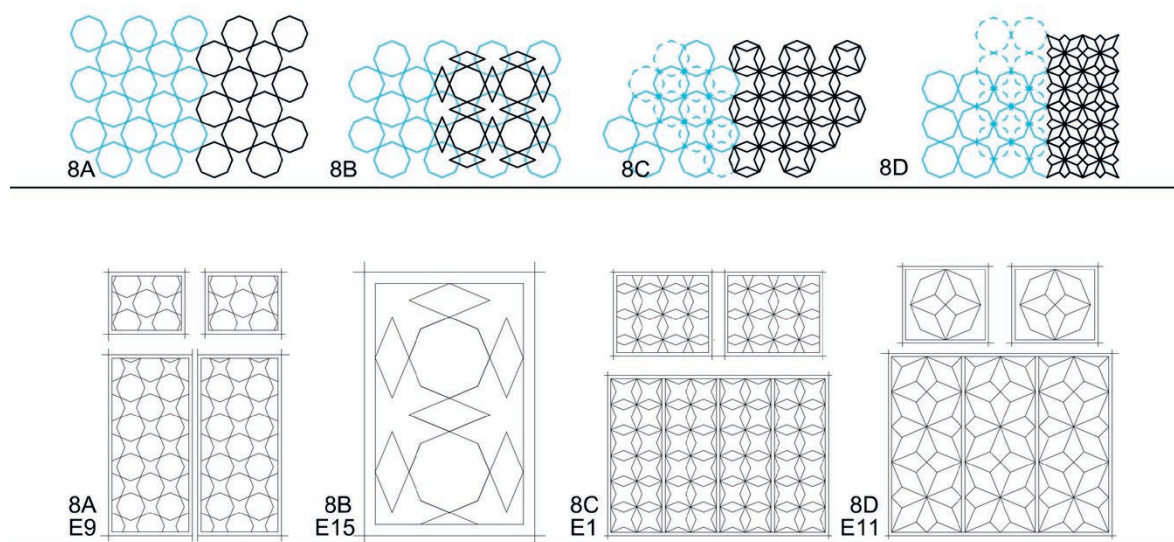


Figura 8. Base geométrica y ejemplos del tipo 8.

Figure 8. Geometric base and examples of type 8.

7C. Se dibujan cruces y cuadrados girados. Ejemplos: E1, E9.

7C. Rotated crosses and squares are drawn. Examples: E1, E9.

*Tipo 8-* Trazados que tienen como base una teselación periódica formada por octógonos unidos por sus vértices y estrellas de cuatro puntas (Figura 8).

*Type 8-* Patterns where the base is a periodic tessellation made up of octagons joined at the vertex and four-pointed stars (Figure 8).

8A. La propia teselación. Se obtienen dos figuras, que algunos autores han denominado sol y estrella.<sup>40</sup> Ejemplos: E1, E9, E16.

8A. Actual tessellation. Two figures are obtained, which some authors have termed sun and star.<sup>40</sup> Examples: E1, E9, E16.

8B. Eliminando alternativamente octógonos y prolongado los lados de los restantes, aparecen rombos. Ejemplo: E15.

8B. Alternatively eliminating octagons, continuing the sides of the remaining ones, results in the appearance of rhombi. Example: E15.

8C. Partiendo de la teselación periódica indicada, mediante la copia desplazada se produce la intersección de octógonos, originando una estrella de cuatro puntas rodeada de rombos que algunos autores llama diamantes.<sup>41</sup> Ejemplos: E1, E15, E13, E8, E16.

8C. Based on the periodic tessellation stated, transporting the copy results in the intersection of octagons and in turn a four-pointed star surrounded by rhombi which some authors have termed diamonds.<sup>41</sup> Examples: E1, E15, E13, E8, E16.



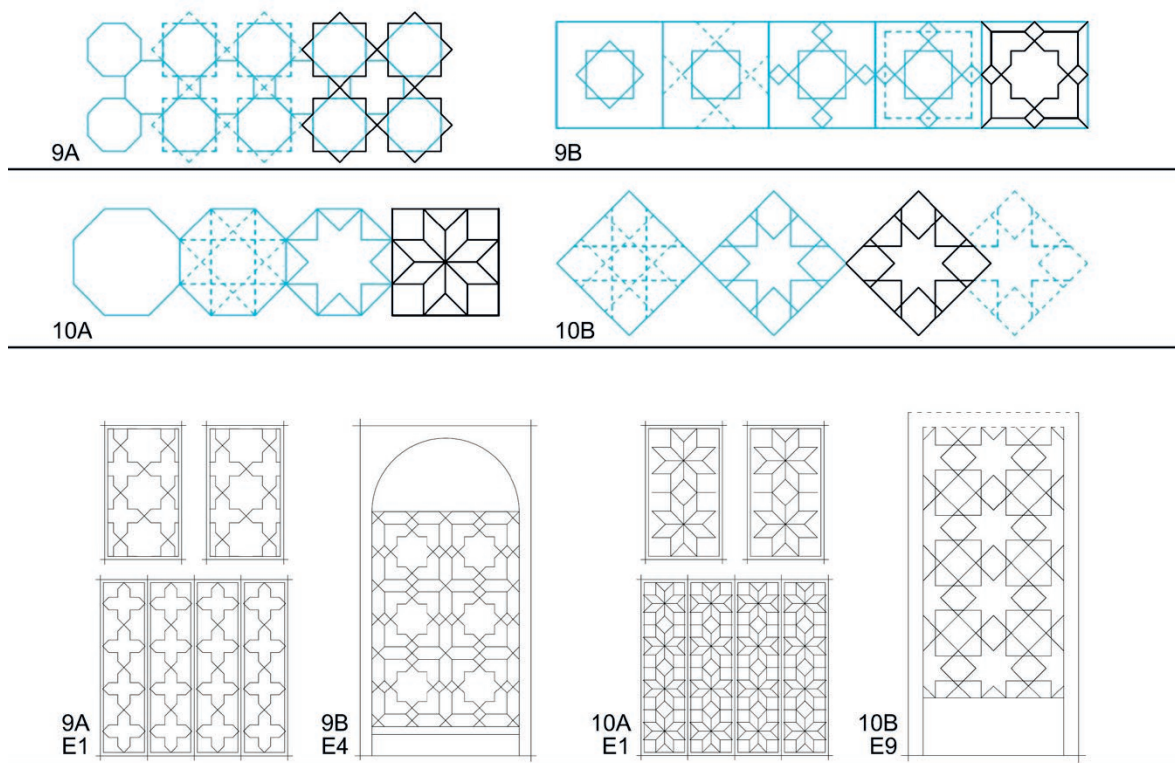


Figura 9. Base geométrica y ejemplos de los tipos 9 y 10.

Figure 9. Geometric base and examples of types 9 and 10.

8D. A partir de la misma superposición anterior, girada 45 grados, y subdividiendo la estrella, se genera otro dibujo. Ejemplos: E1, E11, E5, E8, E16.

8D. Based on the same superimposition as the previous example, rotated 45 degrees, another drawing is generated by subdividing the star. Examples: E1, E11, E5, E8, E16.

*Tipo 9* - Patrones relacionados con estrellas de ocho puntas de primer cruce, 8/2 (Figura 9).

*Type 9* - Patterns related to eight-pointed stars, connected by every second point, 8/2 (Figure 9).

9A. La repetición de estrellas 8/2 unidas por sus vértices genera un patrón denominado por algunos autores como estrella y cruz.<sup>42</sup> También denominado Lazo de 4<sup>43</sup> (se relaciona con el tipo 6, que tiene por base la red de octógonos y cuadrados). Ejemplo: E1.

9A. The repetition of 8/2 stars joined at the vertex results in a pattern which some authors call star and cross.<sup>42</sup> It is also known as a *lazo* of cuatro<sup>43</sup> (linked to type 6, with the octagon and square grid at the base). Example: E1.

9B. El motivo central es la estrella 8/2 rodeada de bandas laterales con cuadrados girados, hasta completar un cuadrado. La unión de módulos hace que aparezca también la figura de la cruz. Ejemplo: E4.<sup>44</sup>

*Tipo 10.* Patrones relacionados con estrellas de ocho puntas de segundo cruce, 8/3. (Figura 9).

10A. La estrella subdividida en ocho rombos, inscrita en cuadrado. Ejemplo: E1.

10B. Partiendo del cuadrado girado, dividiendo los lados en tres, se genera una retícula de nueve cuadrados que forma la estrella 8/3. Este módulo se copia solapado, generando una composición en la que dominan las estrellas y los cuadrados. Ejemplo: E9.

*Tipo 11.* Patrones que utilizan estrellas 8/2 y 8/3 inscritas (Figura 10).

11A. Formado por la sucesión de figuras inscritas: octógono, estrella 8/2 y estrella 8/3. Ejemplo: E16.

11B. Cuadrado en el que se inscribe la estrella 8/3, en la que se inscribe la estrella 8/2. Esta última se subdivide por líneas diagonales, y se introduce una terminación en punta en las esquinas del cuadrado. Ejemplo: E2.

11C. Cuadrado en el que se inscribe la estrella 8/2. En esta se inscribe la estrella 8/3 que se convierte en el motivo central. Eliminando líneas se generan, junto a la estrella, cuatro hexágonos diagonales y cuatro triángulos. Ejemplo: E2.

11D. La estrella 8/3 se inscribe en la 8/2, pero girada 45 grados. Ejemplo: E4.<sup>45</sup>

*Tipo 12:* Trazados relacionados de lazo de ocho.<sup>46</sup> Puede obtenerse por la sucesión de cuadrados inscritos y girados hasta generar la estrella 8/3. La figura resultante es la estrella rodeada de ocho

9B. The central motif is the 8/2 star surrounded by side bands with rotated squares until a square is completed. The union of modules also leads to the appearance of the cross figure. Example: E4.<sup>44</sup>

*Type 10.* Patterns linked to eight-pointed stars, connected by every third point, 8/3. (Figure 9).

10A. The star subdivided into eight rhombi, within a square. Example: E1.

10B. Based on the rotated square, with a division of the sides into three, a nine square grid is generated which forms an 8/3 star. This module is copied superimposed, generating a composition with a predominance of stars and squares. Example: E9.

*Type 11.* Patterns which use inscribed 8/2 and 8/3 stars (Figure 10).

11A. Made up of a succession of inscribed figures: octagon, 8/2 star and 8/3 star. Example: E16.

11B. Square within which the 8/3 star is inscribed, and in which the 8/2 star is inscribed in turn. The latter is made up of diagonal lines, with a pointed end added to the corners of the square. Example: E2.

11C. Square within which the 8/2 star is inscribed. Within the latter an 8/3 star is inscribed and becomes the central motif. The elimination of lines generates four diagonal hexagons and four triangles beside the star. Example: E2.

11D. The 8/3 star is inscribed in the 8/2 one but rotated 45 degrees. Example: E4<sup>45</sup>

*Type 12:* Lazo of eight linked patterns.<sup>46</sup> It can be obtained from the squares successively inscribed and rotated until the 8/3 star is generated. The resulting figure is a star surrounded by

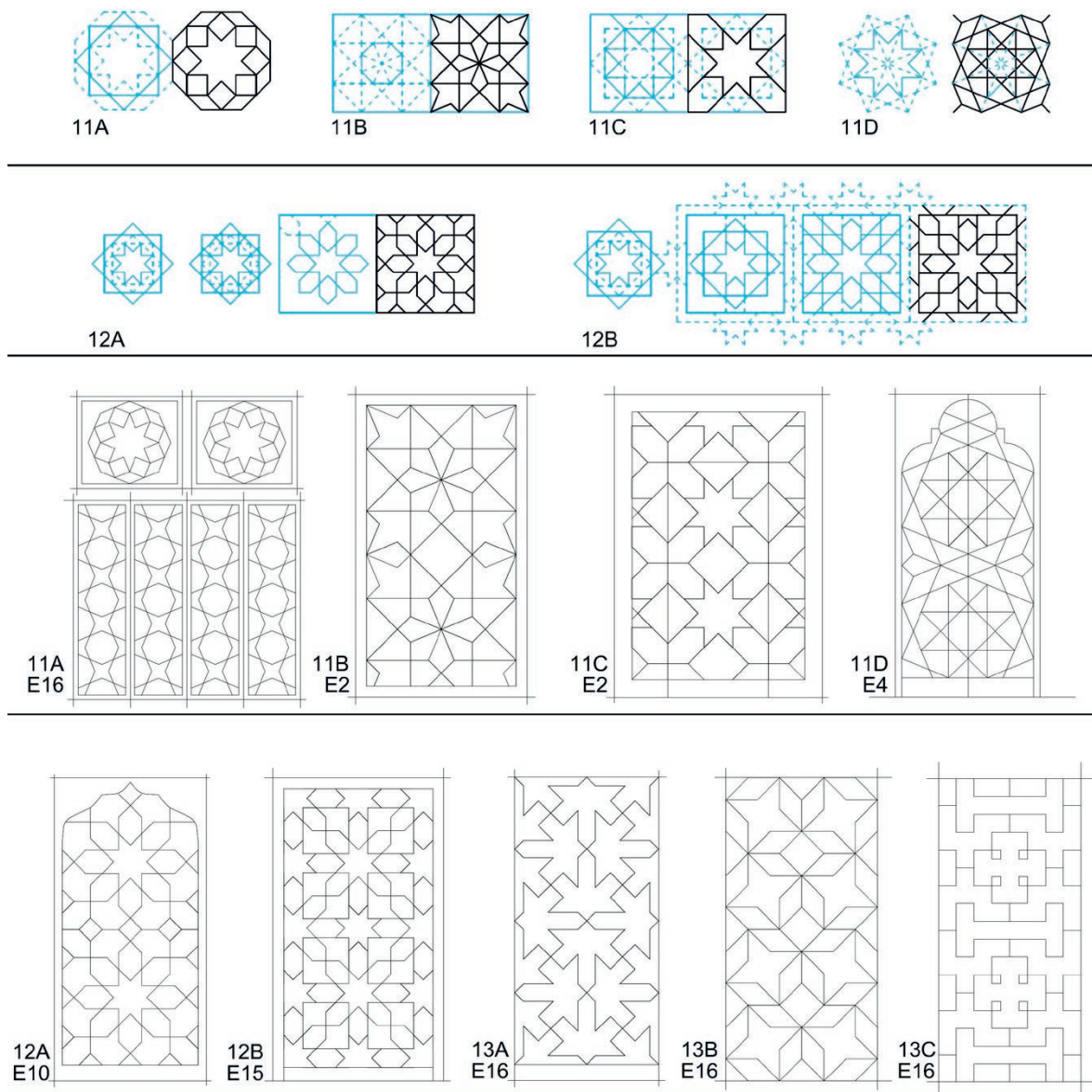


Figura 10. Base geométrica y ejemplos de los tipos 11, 12 y 13.

Figure 10. Geometric base and examples of types 11, 12 and 13.

hexágonos irregulares (a modo de azafates) que se inscriben en la estrella 8/2 (Figura 10). Para adaptarse a un módulo cuadrado se han encontrado distintas soluciones:

eight irregular hexagons (known as *azafates*) inscribed within the 8/2 star (Figure 10). Different solutions have been found for adaptation to a square module:

				EDIFICIO/BUILDING																			
				E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17			
TIPOS / TYPES	TR	3.3.3.3.3.3	1	1A																			
				1B																			
				1C																			
		4.4.4.4	2	2A																			
				2B																			
				2C																			
				2D																			
				3A																			
				3B																			
	TS	3.6.3.6	4	4A																			
				4B																			
				5A																			
		4.8.8	6	6A																			
				6B																			
				6C																			
				6D																			
				6E																			
				6F																			
				6G																			
				7A																			
				7B																			
		7C																					
		TP	Octógono – Estrella 4	8	8A																		
					8B																		
	8C																						
	8D																						
	Estrella 8/2		9	9A																			
				9B																			
	Estrella 8/3		10	10A																			
				10B																			
	Estrella 8/2 y 8/3		11	11A																			
				11B																			
				11C																			
11D																							
Lazo 8	12		12A																				
			12B																				
Otros	13	13A																					
		13B																					
				13B																			

Valencia: Palau de la Generalitat Valenciana (E1), Palau d'En Bou (E2), Palau dels Almiraals (E3), Palau de Mosén Sorell (E4), Palau dels Escrivà (E5), Palau de la Scala (E6), Palau dels Malferit (E7), Lonja de la Seda (E8). Gandia: Palau Ducal (E9). Alfahuir: Monasterio de San Jerónimo de Cotalba (E10). Alzira: Casa Consistorial (E11). Oliva: Palau dels Centelles (E12). Albalat dels Sorells: Palau dels Sorells (E13). Alacuás: Palau Aguilar (E14). Forcall: Palau dels Osset (E15). Traiguera: Real Santuario de la Virgen de la Salud (E16). Morella: Palau del Cardenal Ram (E17).

Figura 11. Resumen de la propuesta de clasificación y ejemplos encontrados.

Figure 11. Summary of the proposed classification and examples found.

12A. Las figuras se copian hacia exterior hasta obtener un cuadrado mayor. Ejemplo: E10.

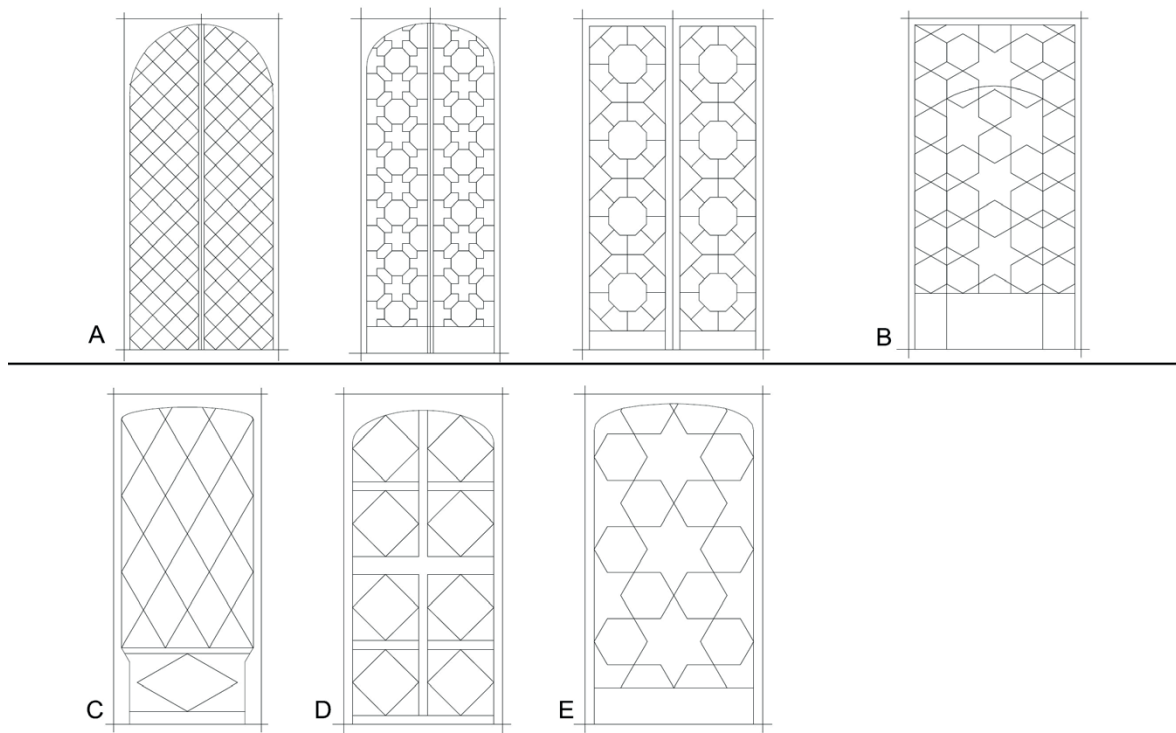
12A. The figures are copied outwards until a larger square is obtained. Example: E10.

12B. Copiando la estrella central se generan unas bandas laterales. Ejemplo: E15.

12B. Side bands are generated by copying the central star. Example: E15.

*Otros trazados.* Se ha realizado la descripción de un amplio repertorio de trazados observados. Dentro de la metodología propuesta, podrían ampliarse los casos

*Other patterns.* A wide repertoire of designs observed have been described. Within the proposed methodology, the case studies can be expanded



**Figura 12.** Ejemplos de casos. Barcelona: A, Palau de la Generalitat de Catalunya. B, Palau del Lloctinent. Palma de Mallorca: C, Lonja. D, Can Ordines d'Almadrà. F, Can Bordils.

**Figure 12.** Examples of cases. Barcelona: A, Palau de la Generalitat de Catalunya. B, Palau del Lloctinent. Palma de Mallorca: C, Lonja. D, Can Ordines d'Almadrà. F, Can Bordils.

de estudio, no descartándose la aparición de variaciones y nuevos trazados. En el Santuario de Traiguera (E16), se han observado los casos 13A, 13B y 13C que, aunque relacionados con otros, tiene características diferentes, al carecer de simetría diagonal.

Se ha elaborado una tabla resumen en la que se indican los tipos diferentes que se han identificado y los edificios donde han sido observados, que podrán ser revisados y ampliados en futuras investigaciones (Figura 11).

El estudio de tipos se ha limitado al antiguo Reino de Valencia. No obstante, se han podido localizar algunos casos en Barcelona y Mallorca.<sup>47</sup> Es interesante comprobar las relaciones y similitudes encontradas (Figura 12).

without ruling out the appearance of variations and new forms. Cases 13A, 13B and 13C were observed in the Santuario de Traiguera (E16). Although linked to other cases, these display different characteristics, lacking diagonal symmetry.

A summary table has been drawn up showing the different types identified and the buildings where they were found. These may be reviewed and expanded in future research (Figure 11).

The study of the different types has been limited to the former Kingdom of Valencia. However, some cases have been located in Barcelona and Mallorca.<sup>47</sup> It is interesting to note the correlations and similarities found (Figure 12).

## CONCLUSIONES

El estudio ha permitido localizar un número considerable de casos, repartidos en distintos edificios, en el ámbito del Reino de Valencia. Es importante aclarar que, como ya se ha indicado, a lo largo de los siglos la carpintería ha vivido un proceso no solo de restauraciones, sino en algunos casos de sustitución o renovación. Esto hace que no pueda asegurarse de manera general la correspondencia con los momentos de construcción iniciales de los edificios.

El estudio realizado es una contribución desde el análisis de los patrones de teselación, que puede ser complementaria a otro tipo de estudios que incorporen cuestiones metrológicas y constructivas a partir de levantamientos a escala.

El repertorio establecido sirve de base para la comparación con otros casos y con otros elementos, como artonados, pavimentos, etc. En un campo como la historia de la arquitectura, debe tenerse en cuenta junto con otro tipo de datos: fuentes documentales, detalles constructivos, etc., con un enfoque multidisciplinar.

La metodología de análisis ha permitido la clasificación de los distintos patrones teniendo en cuenta la base geométrica sobre la que se generan. Esto ha hecho que aparezcan distintos tipos, siendo algunas formas variaciones a partir de una misma base. A partir de los 67 casos, distribuidos en 17 edificios, se establece un repertorio en el que se obtienen 40 diseños diferentes. Todos están formados por trazados rectos con ángulos que en la mayoría de casos se pueden obtener a partir de las teselaciones regulares y semirregulares,<sup>48</sup> utilizándose como base directamente, o superpuesta con un desplazamiento. En ocasiones el resultado final es la propia teselación, pero en otros es tan solo la base para el trazado de otras líneas que definen formas definitivas, tales como cruces, aspás o estrellas, que configuran una teselación irregular, que se repite dentro de una red cuadrada.

## CONCLUSIONS

This study has identified a large number of cases found in different buildings located within the Kingdom of Valencia. It should be clarified that, as already mentioned, throughout the centuries the carpentry has undergone a process of restoration but has also been replaced or renovated in some cases. Overall, this makes it impossible to guarantee that these examples coincide with construction of the original building.

The study carried out is a contribution from the point of view of the analysis of tessellation patterns. It may complement other types of studies incorporating metrological and construction issues based on measured drawings.

The repertoire established can be used for comparison with other cases, as well as with other elements such as coffering, paving, etc. In a field such as history of architecture this should be considered in combination with other types of information: documentary sources, construction details, etc. employing a multidisciplinary approach.

The analysis methodology has made it possible to classify the different patterns taking into account the geometric base on which they are generated. As a result, different types of shapes have appeared, some of which are variations on the same base. The 67 cases identified across 17 buildings have provided a repertoire of 40 different designs. These are all made up of straight lines traced incorporating angles which in most cases can be obtained from regular and semi-regular tessellations<sup>48</sup> directly used as a base or partially superimposed. At times the final result is the actual tessellation, but on other occasions it is only a base on which other lines are traced to form definitive shapes such as crosses, x-shapes or stars, configuring an irregular tessellation repeated within a square grid.

Destaca la gran variedad de dibujos, algunos de los cuales, como los tipos 4B, 6C, 7B, 8A, 8C y 8D, se repiten en distintos edificios, pero de otros se han encontrado ejemplares únicos. Son destacables el Palau de la Generalitat Valenciana y el Santuario de Traiguera, por la gran variedad de tipos que presentan.

En los casos analizados aparece la utilización de la geometría del triángulo, el cuadrado y el hexágono con sus variaciones, como la estrella de seis puntas. Destaca con gran protagonismo el octógono, tanto por su abundante utilización en distintos casos, como por la variedad de formas que genera, tanto poligonales como con la aparición de estrellas de ocho puntas. En menor medida se observa también la utilización de la sucesión de estrellas inscritas que se relaciona con los trazados de lacería del arte islámico, en nuestros casos utilizados de manera sencilla para su adaptación a las formas cuadradas y rectangulares.

El análisis realizado permite afirmar que los casos estudiados pueden relacionarse de manera mayoritaria con trazados usados en el Renacimiento. Sería el caso de los tipos 1 a 8, con todas sus variaciones, que son más de 20. Algunas de estas formas se observan en los artesonados, elementos de madera de gran interés que aparece en algunos de estos edificios. De manera más minoritaria, los tipos 9 a 12, que incorporan las estrellas de ocho puntas y sus variaciones, podrían vincularse al denominado arte mudéjar. En todo caso, parece observarse la convivencia en los mismos edificios de ambas influencias. Además, es importante destacar que algunos trazados son comunes a distintas culturas. Así sucede con el tipo 4, de estrellas de seis puntas, usadas desde la antigüedad y tanto en arquitectura clásica como islámica, y además asociadas a la cultura hebrea. También el tipo 9, en concreto el tipo 9A, una estrella vinculada al mudéjar, pero también utilizada en decoraciones renacentistas. Los casos 6B, 7B y 8C aunque se relacionan con trazados clásicos, se observan también en lugares como el Alcázar de Sevilla, Medina Azahara o la Alhambra. Aunque la mayoría de casos están vinculados a la estética renacentista, las técnicas de carpintería y algunos

The wide range of drawings should also be noted. Some of these, types 4B, 6C, 7B, 8A, 8C and 8D, are repeated in different buildings, while single examples of others have been found. The wide range of types featured in the Palau de la Generalitat Valenciana and the Santuario de Traiguera are particularly striking.

The cases analysed show the use of the geometry of triangles, squares and hexagons, in all their variations, including the six-pointed star. The use of the octagon is particularly predominant, both for its recurring appearance in the different cases and for the variety of shapes it generates, polygons and eight-pointed stars. To a lesser extent, the succession of inscribed stars is also observed, usually linked to strapwork in Islamic art, used in these cases in a simple manner which adapted to the square and rectangular shapes.

Based on the analysis carried out it can be stated that the cases studied can mostly be linked to Renaissance patterns. This is the case of types 1 to 8, with all their variations, over twenty in total. Some of these shapes are seen in the coffering, wooden elements of great interest in these buildings. In addition, types 9 to 12, incorporating eight-pointed stars and their variations could be linked to Mudéjar art. In any case, both influences are seen to coexist in the same buildings. It is also important to note that some patterns are common to different cultures. This is the case of type 4, six-pointed stars, used since antiquity both in classical and Islamic architecture, but also linked to Jewish culture. Type 9, specifically type 9A, a star associated with the Mudéjar, is also found in Renaissance decoration. Although linked to classicism, cases 6B, 7B and 8C are also found in locations such as the Alcázar in Seville, Medina Azahara and the Alhambra. While most cases are linked to the aesthetics of the Renaissance, the carpentry techniques and some of the motifs are also associated with Mudéjar tradition. The wide range of patterns

de los motivos nos remiten a la tradición mudéjar. La variedad de trazados puede considerarse como un ejemplo de la complejidad del contexto cultural e histórico reflejado en la arquitectura.

existing can be considered representative of the complexity of the cultural and historical context reflected in architecture.

## Notas y Referencias

- <sup>1</sup> Manuel Sanchis Guarner, *La ciutat de València. Síntesi d'Història i de Geografia Urbana* (Valencia: Albatros, 1976), 172.
- <sup>2</sup> Mercedes Gómez-Ferrer, "Patios y escaleras de los palacios valencianos en el siglo XV," en *Historia de la ciudad IV* (Valencia: CTAV, 2005), 114-141.
- <sup>3</sup> Arturo Zaragoza Catalán, *Arquitectura gòtica valenciana* (Valencia: Generalitat Valenciana, 2000), 207.
- <sup>4</sup> Aunque con características diferentes, sirven de referencia los estudios específicos del caso de las puertas y ventanas del Alcázar de Sevilla, donde los trabajos de restauración han permitido su estudio detallado. Sebastián Fernández Aguilera, *Portaventaneros mudéjares en el Real Alcázar de Sevilla* (Sevilla: Diputación de Sevilla, 2012).
- <sup>5</sup> Rafael Soler Verdú, "El Palau d'En Bou de Valencia, arquitecturas superpuestas," *Loggia: Arquitectura y restauración*, no. 3 (1997). Existen fotografías de tres puertas del Palau de en Bou. Forman parte del archivo personal de Rafael Soler Verdú, arquitecto de la restauración de 1995. Con toda probabilidad pertenecieron al antiguo palacio. Constituye un material inédito de interés.
- <sup>6</sup> Federico Iborra Bernad, "Tres visiones artísticas de la sala del palacio de Mosén Sorell en Valencia," *Goya: Revista de arte*, no. 353 (2015).
- <sup>7</sup> Documentación gráfica y fotográfica en Museo arqueológico de Oliva.
- <sup>8</sup> Arturo Zaragoza Catalán, *El Palacio Miró-Osset de Forcall y la Carpintería Renacentista Valenciana* (1993).
- <sup>9</sup> José Antonio Ruiz de la Rosa, *Traza y simetría de la arquitectura* (Sevilla: Publicaciones Universidad de Sevilla, 1987), 195.
- <sup>10</sup> El gremio de carpinteros de Valencia (*Gremi de Fusters*), con casi ocho siglos de existencia, tiene en el dintel de la fachada de su sede Palacio, calle Balmes, esculpido en piedra: una escuadra, una regla y un compás; una sierra y un hacha, y un cartabón y un punzón.
- <sup>11</sup> María Concepción López González, y Jorge Luís García Valdecabres, "Una metodología para el análisis de los trazados reguladores clásicos de la arquitectura," *EGE: revista de expresión gráfica en la edificación*, no. 7 (2012): 108-114, <https://doi.org/10.4995/ege.2012.12506>.
- <sup>12</sup> Joaquín Navarro, *Al otro lado del espejo. La simetría en matemáticas* (Barcelona: RBA, 2011), 120.
- <sup>13</sup> La nomenclatura habitual consistente en enumerar en el sentido de las agujas del reloj y, separados mediante puntos, los lados de los polígonos que rodean cada vértice (Cundy & Rollett's nomenclature). V. Gómez-Jauregui, C. Otero, R. Arias y C. Manchado, "Generation and Nomenclature of Tessellations and Double-Layer Grids," *Journal of Structural Engineering* 138, no. 7 (July 2012): 843-852.
- <sup>14</sup> A. Redondo y E. Reyes, "The geometry of the cordovan polygons," *Visual Mathematics* 10, no. 4 (2008).
- <sup>15</sup> La notación de Schläfli (n/q) define n como el número de vértices del polígono regular del que procede. El trazado de la estrella se realiza por la unión de vértices, siendo q-1 es el número de vértices que se dejan sin unir en cada paso.
- <sup>16</sup> Antonio-Jesús García-Ortega y José Antonio Ruiz de la Rosa, "Espacio, masa y ornato en la transición del Gótico al Renacimiento en España," *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica* 24, no. 36 (julio 2019): 48-59.

## Notes and References

- <sup>1</sup> Manuel Sanchis Guarner, *La ciutat de València. Síntesi d'Història i de Geografia Urbana*. (Valencia: Albatros, 1976), 172.
- <sup>2</sup> Mercedes Gómez-Ferrer, "Patios y escaleras de los palacios valencianos en el siglo XV," en *Historia de la ciudad IV*, (Valencia: CTAV, 2005), 114-141.
- <sup>3</sup> Arturo Zaragoza Catalán, *Arquitectura gòtica valenciana* (Valencia: Generalitat Valenciana, 2000), 207.
- <sup>4</sup> Although they display different characteristics, the specific studies on Mudejar doors and windows in the Alcázar in Seville, where restoration work has enabled detailed study, also serve as reference. Sebastián Fernández Aguilera, *Portaventaneros mudéjares en el Real Alcázar de Sevilla* (Sevilla: Diputación de Sevilla, 2012).
- <sup>5</sup> Rafael Soler Verdú, "El Palau d'En Bou de Valencia, arquitecturas superpuestas," *Loggia: Arquitectura y restauración*, no. 3 (1997). There are photographs showing three doors of Palau d'en Bou. These are from the personal archive of Rafael Soler Verdú, an architect who worked on its conservation in 1995. These almost certainly came from the old palace and are previously unseen material of interest.
- <sup>6</sup> Federico Iborra Bernad, "Tres visiones artísticas de la sala del palacio de Mosén Sorell en Valencia," *Goya: Revista de arte*, no. 353 (2015): 304-325.
- <sup>7</sup> Graphic and photographic documentation in the Museo arqueológico de Oliva.
- <sup>8</sup> Arturo Zaragoza Catalán, *El Palacio Miró-Osset de Forcall y la Carpintería Renacentista Valenciana*. 1993.
- <sup>9</sup> José Antonio Ruiz de la Rosa, *Traza y simetría de la arquitectura* (Sevilla: Publicaciones Universidad de Sevilla, 1987), 195.
- <sup>10</sup> The carpenters' guild (*Gremi de Fusters*) in Valencia, which is almost eight centuries old, displays on the façade lintel of its headquarters in a Palacio on Balmes street, carved in stone: a square, ruler and compass; a saw and axe, and a set square and carpenter's punch.
- <sup>11</sup> María Concepción López González and Jorge Luís García Valdecabres, "Una metodología para el análisis de los trazados reguladores clásicos de la arquitectura," *EGE: revista de expresión gráfica en la edificación*, no. 7 (2012): 108-114, <https://doi.org/10.4995/ege.2012.12506>.
- <sup>12</sup> Joaquín Navarro, *Al otro lado del espejo. La simetría en matemáticas* (Barcelona: RBA, 2011), 120.
- <sup>13</sup> The usual nomenclature numbers the sides of the polygons around each vertex clockwise and uses points to separate them (Cundy & Rollett's nomenclature). V. Gómez-Jauregui, C. Otero, R. Arias and C. Manchado, "Generation and Nomenclature of Tessellations and Double-Layer Grids," *Journal of Structural Engineering* 138, no. 7 (July 2012): 843-852.
- <sup>14</sup> A. Redondo and E. Reyes, "The geometry of the cordovan polygons," *Visual Mathematics* 10, no.4 (2008).
- <sup>15</sup> The notation by Schläfli (n/q) defines n as the number of vertices of the regular polygon from which it originates. The star is traced by joining vertices, where q-1 is the number of vertices left unjoined at every step.
- <sup>16</sup> Antonio-Jesús García-Ortega and José Antonio Ruiz de la Rosa, "Espacio, masa y ornato en la transición del Gótico al Renacimiento en España," *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica* 24, no. 36 (July 2019): 48-59.



- Soler Estrella, Alba. "Geometric patterns in the carpentry of palaces in Valencia: a study of tessellations." *VLC arquitectura* 10, no. 1 (April 2023): 153-179. ISSN: 2341-3050. <https://doi.org/10.4995/vlc.2023.17260>
- <sup>17</sup> Sebastiano Serlio Boloñés, *Libros Tercero y Cuarto de las Regoli generali di architettura*, 1537.
- <sup>18</sup> Se conoce la presencia de discípulos de Leonardo en 1506 en Valencia. Manuel Sanchis Guarner, *La ciutat de València. Síntesi d'Història i de Geografia Urbana* (Valencia: Albatros, 1976), 241.
- <sup>19</sup> Marco Navoni, *Leonardo da Vinci y los secretos del Codice Atlántico* (Barcelona: Blume, 2012), 156,163.
- <sup>20</sup> María Concepción López González, "El levantamiento, la metrología y la geometría en el proyecto de restauración," en *24 lecciones sobre conservación del patrimonio arquitectónico* (Valencia: Universitat Politècnica de València, 2012), 231-252.
- <sup>21</sup> Siglo X, en la decoración de zócalos en Madinat al-Zahra y Mezquita de Córdoba. Leopoldo Torres Balbás, "Crónica arqueológica de la España musulmana XI. Los zócalos pintados de la arquitectura hispanomusulmana," en *Obra Dispersa I Al-Andalus*. (Madrid: Instituto de España, 1982), 121-148.
- <sup>22</sup> Marian Rosser-Owen, *Arte Islámica en España* (Barcelona: Turner, 2010).
- <sup>23</sup> Alberto Donaire Rodríguez, "El trazado de lacería de ochos en alicatados," en *Actas del III Simposio internacional de mudejarismo, Teruel 1984*. J. A. García Granados, "Figuras y composición en el Lazo de Ocho hispanomusulmán," *Cuadernos De Arte De La Universidad De Granada* (1990): 87-110.
- <sup>24</sup> Por ejemplo, en el caso de Toledo, es habitual el trazado de estrellas de ocho puntas dentro de una estructura reticular ortogonal. E. Nuere, E. Franco y M. C. Fernández Cabo, "Armaduras de lazo toledanas. Evolución de las trazas geométricas con estrellas de ocho puntas y su relación con los diferentes sistemas constructivos empleados," *Informes de la Construcción* 71, no. 556 (2019): 317.
- <sup>25</sup> Enrique Nuere Matauco, *La carpintería de armar española* (Madrid: Munilla-Lería, 2000).
- <sup>26</sup> A. Thalal, M. J. Benatia, A. Jali, Y. Aboufadi, y M. A. Elidrissi, "Islamic geometric patterns constructed by craftsmen working on wood," *Symmetry: Culture and Science* 22, no. 1-2 (2011): 103-130.
- <sup>27</sup> D. Wade, *Patterns in Islamic art* (Londres: Cassell & Collier Macmillan, 1976).
- <sup>28</sup> Loai M. Dabbour, "Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns," *Frontiers of Architectural Research* 1, no. 4 (2012): 380-391.
- <sup>29</sup> P.R.Cromwell, "Modularity and Hierarchy in Persian Geometric Ornament," *Nexus network journal* 18, no. 1 (2016): 7-54.
- <sup>30</sup> M. Kharazmi, y R. Sarhangi, "An Analytical Study of the Methods of Design and Geometric Constructions in Architectural Ornaments of the Friday Mosque of Forumad," *Nexus network journal* 18, no.1 (2016): 275-310. Vincenza Garofalo, "Graphic analysis of geometric tiles patterns. The complex of Shaykh 'Abd Al-Samad at Natanz," *Disegnarecon* 13, no. 25 (diciembre 2020).
- <sup>31</sup> Aparece en los dibujos de Leonardo da Vinci.
- <sup>32</sup> Es uno de los motivos decorativos propuestos en el tratado de Serlio.
- <sup>33</sup> Este motivo era conocido en Valencia por el rosetón de la catedral (*Lo Salomó*).
- <sup>34</sup> Hay referencias de la utilización de estos trazados desde los romanos, y en el arte musulmán y mudéjar. Basilio Pavón Maldonado, "El lazo 6 de la Alcudia (Elche), el primer ejemplo conocido de occidente. Las tramas hexagonales en el arte árabe," *Al-Qantara* 22, no. 1 (2001).
- <sup>35</sup> Es uno de los motivos decorativos recogido de Serlio, y también por Leonardo.
- <sup>36</sup> Observado en Alcázar de Sevilla, Palacio del Rey Don Pedro, puerta de la alcoba real. Sebastián Fernández Aguilera, *Portaventaneros mudéjares en el Real Alcázar de Sevilla* (Sevilla: Diputación de Sevilla, 2012): 117.
- <sup>37</sup> Es uno de los motivos decorativos propuestos en el tratado de Serlio.
- <sup>38</sup> Es uno de los motivos decorativos propuestos en el tratado de Serlio y también por Leonardo.
- <sup>17</sup> Sebastiano Serlio Boloñés, *Libros Tercero y Cuarto de las Regoli generali di architettura*, 1537.
- <sup>18</sup> Students of Leonardo's in 1506 in Valencia. Manuel Sanchis Guarner, *La ciutat de València. Síntesi d'Història i de Geografia Urbana* (Valencia: Albatros, 1976), 241.
- <sup>19</sup> Marco Navoni, *Leonardo da Vinci y los secretos del Codice Atlántico* (Barcelona: Blume, 2012): 156,163.
- <sup>20</sup> María Concepción López González, "El levantamiento, la metrología y la geometría en el proyecto de restauración," en *24 lecciones sobre conservación del patrimonio arquitectónico* (Valencia, Universitat Politècnica de València, 2012), 231-252.
- <sup>21</sup> 10th century, in the decoration in Madinat al-Zahra and the Mosque in Córdoba. Leopoldo Torres Balbás, "Crónica arqueológica de la España musulmana XI. Los zócalos pintados de la arquitectura hispanomusulmana," en *Obra Dispersa I Al-Andalus* (Madrid: Instituto de España, 1982), 121-148.
- <sup>22</sup> Marian Rosser-Owen, *Arte Islámica en España* (Barcelona: Turner, 2010).
- <sup>23</sup> Alberto Donaire Rodríguez, "El trazado de lacería de ochos en alicatados," en *Actas del III Simposio internacional de mudejarismo, Teruel 1984*. J. A. García Granados, "Figuras y composición en el Lazo de Ocho hispanomusulmán," *Cuadernos De Arte De La Universidad De Granada* (1990): 87-110.
- <sup>24</sup> For example, in the case of Toledo, it is common to trace the eight-pointed star within an orthogonal reticular grid. E. Nuere, E. Franco and M. C. Fernández Cabo, "Armaduras de lazo toledanas. Evolución de las trazas geométricas con estrellas de ocho puntas y su relación con los diferentes sistemas constructivos empleados," *Informes de la Construcción* 71, no. 556 (2019): 317.
- <sup>25</sup> Enrique Nuere Matauco, *La carpintería de armar española* (Madrid: Munilla-Lería, 2000).
- <sup>26</sup> A. Thalal, M. J. Benatia, A. Jali, Y. Aboufadi, y M. A. Elidrissi, "Islamic geometric patterns constructed by craftsmen working on wood," *Symmetry: Culture and Science* 22, no.1-2 (2011): 103-130.
- <sup>27</sup> D. Wade, *Patterns in Islamic art* (London: Cassell & Collier Macmillan, 1976).
- <sup>28</sup> Loai M. Dabbour, "Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns," *Frontiers of Architectural Research* 1, no. 4 (2012): 380-391.
- <sup>29</sup> P. R. Cromwell, "Modularity and Hierarchy in Persian Geometric Ornament," *Nexus network journal* 18, no.1 (2016): 7-54.
- <sup>30</sup> M. Kharazmi and R. Sarhangi, "An Analytical Study of the Methods of Design and Geometric Constructions in Architectural Ornaments of the Friday Mosque of Forumad," *Nexus network journal* 18, no. 1 (2016): 275-310. Vincenza Garofalo, "Graphic analysis of geometric tiles patterns. The complex of Shaykh 'Abd Al-Samad at Natanz," *Disegnarecon* 13, no. 25 (December 2020).
- <sup>31</sup> Found in the drawings by Leonardo da Vinci.
- <sup>32</sup> It is one of the decorative motifs proposed in the treatise by Serlio.
- <sup>33</sup> This motif was known in Valencia because of the Cathedral's rosette (*Lo Salomó*).
- <sup>34</sup> There are references on the use of these traceries since Roman times, as well as within Muslim and Mudejar art. Basilio Pavón Maldonado, "El lazo 6 de la Alcudia (Elche), el primer ejemplo conocido de occidente. Las tramas hexagonales en el arte árabe," *Al-Qantara* 22, no. 1 (2001).
- <sup>35</sup> This is one of the decorative motifs used by Serlio, as well as by Leonardo.
- <sup>36</sup> Observed in the Alcázar in Seville, Palacio del Rey Don Pedro, door to the royal chamber. Sebastián Fernández Aguilera, *Portaventaneros mudéjares en el Real Alcázar de Sevilla* (Sevilla: Diputación de Sevilla, 2012): 117.
- <sup>37</sup> This is one of the decorative motifs proposed in the treatise by Serlio.
- <sup>38</sup> This is one of the decorative motifs proposed in the treatise by Serlio, as well as in that by Leonardo.

- <sup>39</sup> Aparece en la decoración de zócalos en Madinat al-Zahra. Leopoldo Torres Balbás, "Crónica arqueológica de la España musulmana XI. Los zócalos pintados de la arquitectura hispanomusulmana," en *Obra Dispersa I Al-Andalus*: 121-148 (Madrid: Instituto de España, 1982).
- <sup>40</sup> A. Redondo y E. Reyes, "The geometry of the cordovan polygons," *Visual Mathematics* 10, no. 4 (2008).
- <sup>41</sup> Redondo and Reyes, "The geometry."
- <sup>42</sup> Derivado de patron de estrella y cruz en sistema modular islámico. P.R.Cromwell, "Modularity and Hierarchy in Persian Geometric Ornament," *Nexus network journal* 18, no.1 (2016): 7–54. D. Wade, *Patterns in Islamic art* (London: Cassell & Collier Macmillan, 1976).
- <sup>43</sup> J. A. García Granados, "Figuras y composición en el Lazo de Ocho hispanomusulmán," *Cuadernos De Arte De La Universidad De Granada* (1990): 87-110.
- <sup>44</sup> Puerta conservada en museo del Louvre. <http://www.jdiezarnal.com>. Acceso febrero 2022.
- <sup>45</sup> Federico Iborra Bernad, "Tres visiones artísticas de la sala del palacio de Mosén Sorell en Valencia," *Goya: Revista de arte*, no. 353 (2015): 321.
- <sup>46</sup> También denominado *ocho occidental*, muy usada en el mudéjar. Considerada creación andalusí, y posiblemente exportada a África. Sebastián Fernández Aguilera, *Portaventaneros mudéjares en el Real Alcázar de Sevilla* (Sevilla: Diputación de Sevilla, 2012), 119.
- <sup>47</sup> Joan Domenge i Mesquida, "La arquitectura en el reino de Mallorca, 1450-1550: impresiones desde un mirador privilegiado," *Artigrama*, no. 23 (2008): 226.
- <sup>48</sup> De las ocho teselaciones semiregulares se utilizan tres: TS 3.6.3.6, TS 3.4.6.4, TS 4.8.8.
- <sup>39</sup> This appears in the decoration of tiles in Madinat al-Zahra. Leopoldo Torres Balbás, "Crónica arqueológica de la España musulmana XI. Los zócalos pintados de la arquitectura hispanomusulmana," in *Obra Dispersa I Al-Andalus* (Madrid: Instituto de España, 1982), 121-148.
- <sup>40</sup> A. Redondo and E. Reyes, "The geometry of the cordovan polygons," *Visual Mathematics* 10, no. 4 (2008).
- <sup>41</sup> A. Redondo and Reyes, "The geometry."
- <sup>42</sup> Derived from the star and cross pattern in the Islamic system of modules. P.R.Cromwell, "Modularity and Hierarchy in Persian Geometric Ornament," *Nexus network journal* 18, no.1 (2016): 7–54. D. Wade, *Patterns in Islamic art* (London: Cassell & Collier Macmillan, 1976).
- <sup>43</sup> J. A. García Granados, "Figuras y composición en el Lazo de Ocho hispanomusulmán," *Cuadernos De Arte De La Universidad De Granada* (1990): 87-110.
- <sup>44</sup> Door conserved at the Louvre Museum. <http://www.jdiezarnal.com>. Accessed February 2022.
- <sup>45</sup> Federico Iborra Bernad, "Tres visiones artísticas de la sala del palacio de Mosén Sorell en Valencia," *Goya: Revista de arte*, no. 353 (2015): 321.
- <sup>46</sup> Also known as Western eight, frequently used in Mudejar art. Considered an Andalusí creation and possibly exported to Africa. Sebastián Fernández Aguilera, *Portaventaneros mudéjares en el Real Alcázar de Sevilla* (Sevilla: Diputación de Sevilla, 2012): 119.
- <sup>47</sup> Joan Domenge i Mesquida, "La arquitectura en el reino de Mallorca, 1450-1550: impresiones desde un mirador privilegiado," *Artigrama*, no. 23 (2008): 226.
- <sup>48</sup> Three of the eight semi-regular tessellations are used: TS 3.6.3.6, TS 3.4.6.4, TS 4.8.8.

## BIBLIOGRAPHY

- Cromwell, P.R. "Modularity and Hierarchy in Persian Geometric Ornament." *Nexus network journal* 18, no. 1 (2016): 7–54. <https://doi.org/10.1007/s00004-015-0280-6>
- Domenge i Mesquida, Joan. "La arquitectura en el reino de Mallorca, 1450-1550: impresiones desde un mirador privilegiado." *Artigrama*, no. 23 (2008): 185-239. [https://doi.org/10.26754/ojs\\_artigrama/artigrama.2008237801](https://doi.org/10.26754/ojs_artigrama/artigrama.2008237801)
- Donaire Rodríguez, Alberto. "El trazado de lacería de ochos en alicatados." in *Actas Del III Simposio Internacional de Mudejarismo: Teruel 20-22 de Septiembre de 1984*. Teruel: Instituto de Estudios Turolenses, 1984.
- Fernández Aguilera, Sebastián. *Portaventaneros mudéjares en el Real Alcázar de Sevilla*. Sevilla: Diputación de Sevilla, 2012.
- García Granados J. A. "Figuras y composición en el Lazo de Ocho hispanomusulmán." *Cuadernos De Arte De La Universidad De Granada* (1990): 87-110.
- García-Ortega, Antonio-Jesús and José Antonio Ruiz de la Rosa. "Espacio, masa y ornato en la transición del Gótico al Renacimiento en España." *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica* 24, no. 36 (July 2019): 48-59. <https://doi.org/10.4995/ega.2019.11164>
- Garofalo, Vincenza. "Graphic analysis of geometric tiles patterns. The complex of Shaykh 'Abd Al-Samad at Natanz." *Disegnarecon* 13, no. 25 (december 2020): 1-7. <http://doi.org/10.20365/disegnarecon.25.2020.17>
- Gómez-Ferrer, Mercedes, "Patios y escaleras de los palacios valencianos en el siglo XV." In *Historia de la ciudad IV*. Valencia: CTAV, 2005.
- Gomez-Jauregui, V, C Otero, R Arias, and C Manchado. "Generation and Nomenclature of Tessellations and Double-Layer Grids." *Journal of structural engineering* 138, no. 7 (2012): 843–852. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0000532](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000532)
- Iborra Bernad, Federico. "Tres visiones artísticas de la sala del palacio de Mosén Sorell en Valencia." *Goya: Revista de arte*, no. 353 (2015): 304-325.

- Kharazmi, M., and R. Sarhangi. "An Analytical Study of the Methods of Design and Geometric Constructions in Architectural Ornaments of the Friday Mosque of Forumad." *Nexus network journal* 18, no.1(2016): 275-310. <https://doi.org/10.1007/s00004-015-0278-0>
- Loai M. Dabbour, "Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns." *Frontiers of Architectural Research* 1, no. 4 (2012): 380-391. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.08.005>
- López González, María Concepción. "El levantamiento, la metrología y la geometría en el proyecto de restauración." In *24 lecciones sobre conservación del patrimonio arquitectónico*, 231-252. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2012.
- López Gonzalez, María Concepción and Jorge Luís García Valldecabres. "Una metodología para el análisis de los trazados reguladores clásicos de la arquitectura." *EGE: revista de expresión gráfica en la edificación*, no. 7 (2012): 108-114. <https://doi.org/10.4995/ege.2012.12506>
- Navarro, Joaquín. *Al otro lado del espejo. La simetría en matemáticas*. Barcelona: RBA. 2011.
- Navoni, Marco. *Leonardo da Vinci y los secretos del Codice Atlántico*. Barcelona: Blume. 2012.
- Nuere Matauco, Enrique. *La carpintería de armar española*. Madrid: Munillaloría, 2000.
- Nuere, E. Franco, E. Franco, and Miguel Carlos Fernández Cabo. "Armaduras de lazo toledanas. Evolución de las trazas geométricas con estrellas de ocho puntas y su relación con los diferentes sistemas constructivos empleados." *Informes de la Construcción* 71, no. 556 (2019): 317. <https://doi.org/10.3989/ic.68659>.
- Pavón Maldonado, B. "El lazo 6 de la Alcudia (Elche), el primer ejemplo conocido de occidente. Las tramas hexagonales en el arte árabe." *Al-Qantara* 22, no. 1 (2001):171-204. <https://doi.org/10.3989/alqantara.2001.v22.i1.230>
- Redondo, A., and E. Reyes. "The geometry of the cordovan polygons." *Visual Mathematics* 10, no. 4 (2008). <http://www.mi.sanu.ac.yu/vismath/redondo2009/cordova.pdf>.
- Rosser-Owen, Marian. *Arte islamico en España*, Barcelona: Turner, 2010.
- Ruiz de la Rosa, José Antonio. *Traza y simetría de la arquitectura*. Sevilla: Publicaciones Universidad de Sevilla, 1987.
- Sanchis Guarner, Manuel. *La ciutat de València. Síntesi d'Història i de Geografia Urbana*. Valencia: Albatros, 1976.
- Serlio Boloñés, Sebastiano. *Libros Tercero y Cuarto de las Regoli generali di architettura*,1537. <https://www.sedhc.es/biblioteca/tratados.php>
- Soler Verdú, Rafael. "El Palau d'En Bou de Valencia, arquitecturas superpuestas." *Loggia: Arquitectura y restauración*, no. 3 (1997): 60-73. <https://doi.org/10.4995/loggia.1997.5723>
- Thalal, A., et al. "Islamic geometric patterns constructed by craftsmen working on wood." *Symmetry: Culture and Science* 22, no. 1-2 (2011): 103-130.
- Torres Balbás, Leopoldo. "Crónica arqueológica de la España musulmana XI. Los zócalos pintados de la arquitectura hispanomusulmana." In *Obra Dispersa I Al-Andalus*. 121-148. Madrid: Instituto de España, 1982.
- Wade, D. *Patterns in Islamic art*. London: Cassell & Collier Macmillan, 1976. <https://patterninislamicart.com>
- Zaragozá Catalán, Arturo. *El Palacio Miró-Osset de Forcall y la Carpintería Renacentista Valenciana*. 1993.

#### Images source

1. Author's own.

