2000-2003

Los 17 grupos de simetría planos en el mudéjar aragonés

Ángel Ramírez Martínez
Carlos Usón Villaba

SUMA+ núm. 100
pp. 35-52
Artículo publicado originalmente en el número 33 de *Suma* en febrero de 2000

I

Se ha convertido en lugar común entre las personas que se dedican a las matemáticas la asociación geometría–arte islámico. De manera que, sin pretender con ello eliminarla, quizás convenga hacer algunas matizaciones. Por ejemplo, recordar que el Gran Alminar de Delhi, en la India, no muestra ningún detalle de ornamentación geométrica: solo aparecen motivos florales y caligráficos. O que el alminar de la Gran Mezquita de Samara, en Irak, presenta sus muros de ladrillo —ascendentes en una lenta espiral que lima poco a poco el pesado volumen del primer cuerpo— absolutamente desnudos de cualquier tipo de decoración. Por lo demás, si bien es cierto que en todas las épocas han sido necesarias las matemáticas para fundamentar si no toda la producción artística sí parte de ella, también lo es que ha habido momentos de un decidido culto a la geometría. No hay que olvidar el interés de la Baja Edad Media occidental —claramente perceptible en las decoraciones del gótico tardío, época en la que se llega a representar a Dios en el momento de la Creación con un compás en la mano [1]— acrecentado en el Renacimiento, continuado hasta el Barroco (urbanismo, ciudades de planta geométrica), presente con vitalidad en la arquitectura y en la pintura abstracta de nuestro siglo. El famoso —y manido— número áureo, como se encargó de enseñarnos a muchos la factoría Walt Disney antes de que hubiéramos tenido tiempo de tomar contacto con el inflamado pitagorismo de Ghyka [2], rige las proporciones del Partenón, de Nôtre-Dame, del Patio de los Leones y de las torres de Manhattan.

UNA GEOMETRÍA AL SERVICIO DE LA MÍSTICA

Siempre el arte ha estado al servicio de una ideología, sin que esta afirmación tenga por qué tener una carga peyorativa. El transcurso del tiempo dota a la historia de un halo determinista que matemáticamente podríamos expresar asignando el valor 1 a la probabilidad de que las cosas hayan sido como han sido. Para disentir de esta afirmación habría que recurrir —si ello fuera posible— al modelo de la distribución de Poisson[3], pero dudamos que fuera suficiente para eliminar el efecto psicológico resultante del determinismo a posteriori. El arte occidental y el arte islámico han estado, están y estarán al servicio de una determinada visión del mundo, de la vida, de la religiosidad y de la trascendencia. La geometría empleada en ellos, también. Como tal geometría sirve, claro está, a la razón técnica —la del arquitecto y la del artesano— pero esta, a su vez, sirve a la ideología. Desde esta perspectiva se puede afirmar que la geometría, en el arte islámico, no está tanto al servicio de la razón como de la mística, y que de ahí deriva su particular atractivo.

La elección del mudéjar aragonés como campo de trabajo es comprensible por razones personales y prácticas (algún tope hay que marcarse), pero también por ser, de todos los focos mudéjares regionales españoles, el que ha hecho un uso más aparente de la geometría en sus decoraciones.

Si se parte de una concepción atomizada[4] de la Naturaleza que sin embargo no niega la unidad[5]; si se pretende mostrar la dialéctica entre esta última y la diversidad; si no puede haber centros que destaquen sobre los demás porque Uno solo es Dios…; entonces el arte puede derivar hacia soluciones en las que la estructura —la contemplación del conjunto— pierde importancia[6], la abstracción es preponderante y la decoración juega en ocasiones, y de forma obligada, un papel fundamental. Si esta decoración es fiel a todo lo anterior puede recurrir a una geometría dinámica que tenderá hacia la infinitud empleando la repetición como argumento. Como resultado, los objetos geométricos que emplee no estarán aislados, desconectados entre sí, sino que formarán refinadas estructuras cuyo atractivo (su calidez; su sensualidad, incluso) no deriva de la propia estructura abstracta (teórica) sino de su finalidad, de la idiosincrasia, de la ideología que ese arte abstracto quiere transmitir (compárese, para que se nos entienda, con la buscada frialdad surrealista de los dibujos de Escher). Unas estructuras lineales o bidimensionales impregnadas de una pátina algebraica agradable para quien observa desde las matemáticas. Y ello no solo por estar contemplando la plasmación plástica de una hermosa dialéctica teórica, sino también por el recuerdo de que la conexión geometría–álgebra, en un campo temático más elemental, fue comenzada por los matemáticos islámicos medievales[7].

ALGUNAS PRECISIONES PREVIAS

Llegados al final del siglo XX, el arte islámico, por mor de los desarrollos teóricos de las matemáticas en el XIX y de la reivindicación de la geometría[8] en los últimos 25 años como reacción al dogmatismo bourbakista, aparece como el principal campo de búsqueda del ingenuo cazador (o de la ingenua cazadora) de grupos infinitos de simetría. Mahoma Rami[9] se sorprenderá sin duda desde su tumba.

Hay que decir, en defensa de los ingenuos buscadores, que el hallazgo de Rafael Pérez Gómez, asegurando la presencia de las 17 estructuras teóricas en la Alhambra es una incitación difícilmente eludible y que el camino a recorrer es muy atractivo. Eugenio Roanes Macías y Eugenio Roanes Lozano[10] eligieron rastrear mosaicos romanos del siglo II en los que, como se sabe, localizaron 16 grupos, y tenemos constancia bibliográfica de un trabajo similar para el antiguo México[11]. La mezquita de Córdoba[12] también ha sido objeto de este estudio con el resultado de 12 grupos de simetría encontrados. La elección del mudéjar aragonés como campo de trabajo es comprensible por razones personales y prácticas (algún tope hay que marcarse), pero también por ser, de todos los focos mudéjares regionales españoles, el que ha hecho un uso más aparente de la geometría en sus decoraciones. A cambio, el marco definido puede parecer forzado, dadas las distintas influencias y tradiciones que confluyen en un intervalo tan amplio de tiempo (siglos XIII–XVII), pero el mismo argumento puede aplicarse a los otros estudios citados y, en cualquier caso, la variedad temática encontrada elimina cualquier duda sobre el interés del trabajo.

Puesto que los lectores y lectoras de *Suma* disponen de fuentes de información suficientes, evitamos explicaciones teóricas y nos limitaremos a mostrar un ejemplo (no necesariamente el más característico) de cada grupo en el mudéjar aragonés, sin ser exhaustivos sobre sus localizaciones ni sobre las variantes decorativas que ofrecen. Pretendemos simplemente dar noticia del aspecto más llamativo para la comunidad matemática de un trabajo más amplio que hemos desarrollado con una beca del Centro de Estudios Mudéjares del Instituto de Estudios Turolenses. Remitimos para una presentación más exhaustiva a la publicación final del mismo, así como a las dos comunicaciones que presentamos al VIII Simposio Internacional de Mudejarismo, celebrado en Teruel en septiembre de 1999.

Emplearemos la notación internacional abreviada; tiene un carácter más descriptivo y experimental que las demás, por lo que resulta cómoda para un primer acercamiento. En el citado número de la revista *Epsilon* sobre la Alhambra puede verse la equivalencia entre todos los sistemas. Para las cenefas seguiremos la notación de Maltsev [13]. Iremos comentando su presencia, con menos exhaustividad aún, al hilo de los ejemplos de los paños. Ello no supone menosprecio alguno —no hay que perder de vista que los frisos son la característica decorativa por excelencia del mudéjar en Aragón— sino simplemente aceptación de las limitaciones de espacio de un artículo. Finalmente, para referirnos a un grupo finito emplearemos C_n o D_n, según sea cíclico o diédrico, indicando con el subíndice el orden del grupo en los primeros y su mitad en los segundos [14].

SORPRENDENTEMENTE ESTABAN LOS 17 GRUPOS. ALGUNAS CONCLUSIONES

Habíamos leído tantas veces la afirmación de que el mudéjar repite tradiciones, cada vez más empobrecidas con el paso del tiempo, que rara vez es original y creativo, que suponíamos la existencia de un tope temático. En realidad la experiencia nos ha echado por tierra esta y otras hipótesis previas. A este respecto resaltamos brevemente algunas conclusiones.

- Hay estructuras que serán siempre habituales (aunque no se pretenda) dada la facilidad con que pueden ser obtenidas en un proceso de diseño puramente experimental no guiado por la teoría. El caso más claro es el grupo *CMM*. Pensando en abstracto, es una opción muy asequible para escapar de la rigidez de *P4M* cuyos movimientos quedan paralizados por la abundancia de simetrías. *CMM* mantiene dos pero gana movilidad al hacerse más claras las direcciones de deslizamiento [15]. *PMM* no las tiene y resulta también muy estático. *P4G* puede ofrecer mucha más sensación de movimiento que *CMM*, pero incluso técnicamente es un grupo muy sofisticado.

Hay estructuras que serán siempre habituales (aunque no se pretenda) dada la facilidad con que pueden ser obtenidas en un proceso de diseño puramente experimental no guiado por la teoría.

- Los elementos geométricos de las decoraciones son compartidos en general por todas las civilizaciones, pero algunas estructuras están culturalmente condicionadas. Es el caso de la trama triangular como soporte de la ornamentación, que parece una opción claramente oriental. Salvo *P6* y *P6M*, muy fáciles de obtener a partir de un embaldosado de hexágonos, los otros tres grupos exclusivos de esta trama —*P31M*, *P3M1* y *P3*—, son realmente escasos. Hemos localizado solo un ejemplo de cada uno, pero en la Alhambra también escasean y *P31M* no ha sido encontrado de momento en mosaicos romanos. En contrapartida son fáciles de observar abriendo al azar un libro que incluya reproducciones de arte islámico oriental. En las miniaturas centroasiáticas, en particular, la trama triangular parece abrumadoramente mayoritaria, si nos fiamos de las pocas observaciones a las que hemos tenido acceso.

— Lo anterior aumenta el interés de los tres ejemplos de estos grupos localizados en Aragón. Y aporta un dato a favor de la creatividad de los artesanos mudéjares, sin que pretendamos con ello rebatir completamente la opinión recogida al principio de este apartado. Es cierto que en el *P3M1* y el *P3* encontrados hay influencias del sur (se encuentran en el muro de la Seo, en el que trabajaron artesanos sevillanos), pero el extraño y original *P31M* podría ser un producto local[16], puesto que se atribuye al taller de taracea de Torrellas (siglo XVI), cerca de Tarazona. Por otra parte, la presencia de estos tres grupos puede interpretarse, dados los condicionantes culturales antes citados, como un refrendo más, esta vez desde el campo de las matemáticas, del fuerte arraigo de la idiosincrasia mudéjar en Aragón en el pasado.

— En la mezquita de Córdoba se encontraron 12 grupos. Está *P6* pero falta *PG*. Las celosías del claustro de Tarazona recogen 11. Aquí faltan los cinco «grupos triangulares» y *PG*. Además de avalar estos datos nuestras afirmaciones anteriores, plantean la rareza de *PG*, un grupo habitual sin embargo en la Alhambra y en el mudéjar aragonés, con un diseño muy similar en los dos casos. Son indicativos también de la importancia que podemos conceder al claustro de Tarazona como el más alto exponente de la variedad temática estructural en el mudéjar aragonés. Hay que pensar que se trata de un recinto reducido y menos emblemático que la mezquita. Por otra parte Tarazona aporta además el *P31M* comentado, lo que eleva a 12 el número de grupos presentes en el mudéjar de la ciudad.

— La tradición y la incidencia de los materiales con los que se elabora la decoración[17] son en última instancia los factores determinantes de la presencia o no de una determinada estructura teórica. Desde este punto de vista, la exhaustividad en cuanto al número de grupos que pueden encontrarse tiene una componente azarosa. Estamos hablando de épocas históricas en las que la búsqueda teórica consciente no podía guiar el trabajo de los artesanos.

— Es obligado añadir, finalmente, que todas las afirmaciones que puedan hacerse están referidas al mudéjar aragonés que nos ha llegado y en el estado en que lo ha hecho. Las pérdidas a lo largo de los siglos —especialmente en las yeserías—, como resultado de los cambios en las modas artísticas y de las modificaciones introducidas por las sucesivas restauraciones, han sido enormes. Esta advertencia no afecta a 16 de los grupos, pues hay ejemplos localizados en decoraciones fiables para cada uno, pero sí a la posible desaparición de un muestrario más amplio para varios de ellos. Los cambios introducidos por el tiempo juegan sin embargo un papel determinante en la no presencia real del último, con el agravante de que el caos actual decorativo del paño en el que pudo encontrarse impide una conclusión definitiva, por más que haya pistas razonables para afirmar su presencia en el pasado.

II

LA OBSESIÓN POR EL SOLAPAMIENTO

Una característica muy habitual del mudéjar aragonés, con claros antecedentes en la Aljafería, es el solapamiento en los cruces de las líneas que componen la retícula de la ornamentación, transmitiendo la idea de que se cruzan sin cortarse. Aunque se pierde paulatinamente al diluirse la fuerza del mudéjar en los estilos cristianos con los que se mezcla, reaparece con fuerza tras la expulsión de los moriscos en las yeserías de lazo barrocas de tradición mudéjar del siglo XVII, extraordinariamente abundantes en Aragón. Se observa con facilidad en decoraciones en ladrillo resaltado y en las celosías en yeso que adornan los ventanales de las iglesias del siglo XIV. El solapamiento elimina las simetrías del paño y, por tanto, reduce el campo de grupos posibles.

1. P2

Yesería en el patio interior de la casa de los Luna, en Daroca (figura 1).

Obtenida por cruce de dos tramas rómbicas de «hexágonos con picos», una horizontal y otra vertical, dando lugar a una retícula que aparece también, por ejemplo, en la fachada de Tobed, esta vez en ladrillo resaltado. Los solapamientos solo respetan los centros de giro de orden 2.

En la iglesia de San Miguel de los Navarros, en Zaragoza, puede observarse otro *P2*, más habitual, formado solo por la trama vertical.

2. P4

Patio de la casa de los Luna, en Daroca (figura 2) e iglesia parroquial de Acered (Zaragoza) (figura 3).

La misma situación pero en trama cuadrada, ahora también con centros de giro de orden 4. De nuevo la yesería de Daroca resulta muy refinada. Su diseño está presente en muchas puertas del Alcázar de Sevilla. Un modelo más habitual se puede ver también en San Miguel de los Navarros.

P4 es abundante por la conocida afición del mudéjar a la ornamentación con lazos de cuatro y de ocho. Curiosamente la mayor presencia de este grupo, desarrollando hasta el límite las posibilidades de estas dos decoraciones, se da en las yeserías del XVII (figura 3).

3. P6

Iglesia de San Miguel de los Navarros (figura 4).

Ahora en trama hexagonal. Una celosía muy atractiva. Otra variante, el típico lazo de seis (con precedentes en la Aljafería) puede verse en cualquier iglesia que conserve su programa decorativo de yeserías del siglo XIV.

Salvo el modelo *P3*, del que hablaremos más adelante, la iglesia de San Miguel de los Navarros muestra todas las posibilidades para grupos que se generan exclusivamente a partir de traslaciones y giros.

Figuras 1 y 2. Yesería en el patio interior de la casa de los Luna en Daroca (Zaragoza)

Figura 3. Iglesia parroquial. Acered (Zaragoza)

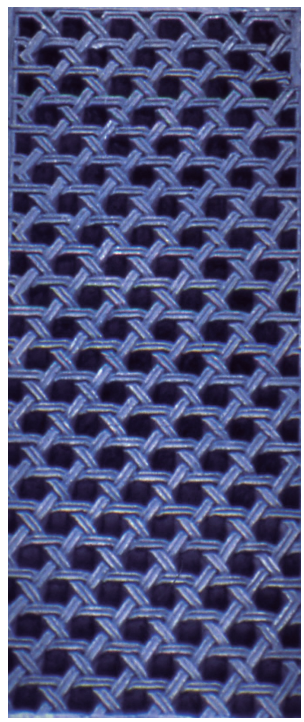


Figura 4. Iglesia de San Miguel de los Navarros (Zaragoza)

4. PG

Torre de la iglesia de El Salvador en Teruel (figura 5).

Los arcos lobulados o mixtilíneos entrecruzados formando cenefa (L_1; la superposición en los cruces hace que solo se conserven las traslaciones) son muy habituales en el mudéjar aragonés. Si el módulo que forman se extiende por todo el muro aparece un paño en el que los solapamientos definen un *PG*, cuyos ejes de deslizamiento se intercalan entre los fustes en que se apoya el paño.

LA RAREZA DE LA SENCILLEZ

5. P1

Yesería del claustro de la catedral de Tarazona (figura 6).

Curiosamente, la máxima sencillez estructural (algebraica) no es la opción más habitual, ni en cenefas ni en paños: *P1* es muy escaso. De hecho puede hablarse en la trama cuadrada —la triangular resulta en esto también algo peculiar— de una relación directa entre presencia real y complejidad teórica.

El que muestra la figura 6 (nos referimos a la celosía grande) se encuentra en el claustro de la catedral de Tarazona. Si prescindimos del motivo que decora los rombos curvilíneos estaríamos ante un *CM*, pero el grupo cíclico (C_4) que los rellena elimina del conjunto toda isometría que no sea una traslación[18]. Llama la atención la amanerada sofisticación con la que se ha llegado a la estructura más elemental de las 17. Evidentemente no hay consciencia de esta cuestión teórica. La celosías de Tarazona explotan las posibilidades de la simbiosis entre la sintaxis mudéjar y un vocabulario gótico tardío, en ocasiones muy recargado (estamos en el siglo XVI), que a veces produce paños tan escasamente auténticos, tan poco ideologizados, como el que se comenta.

Figura 5. Torre de la iglesia de El Salvador (Teruel)

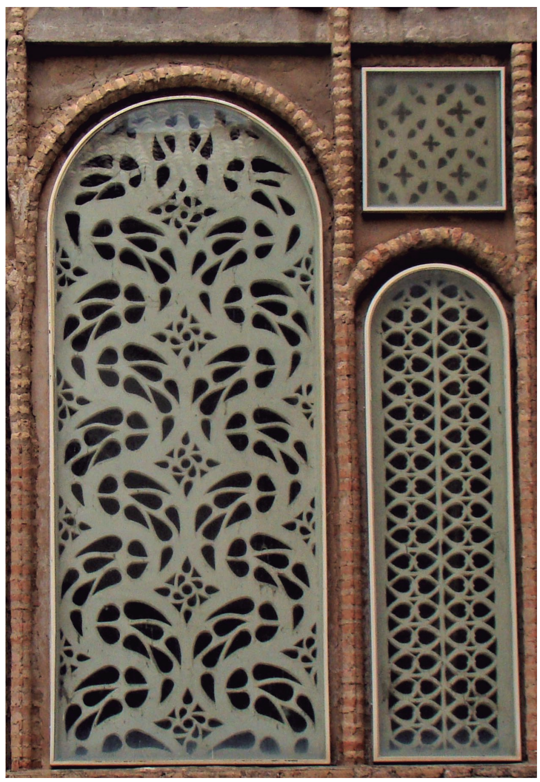


Figura 6. Claustro de la catedral de Tarazona (Zaragoza)

EL PROTAGONISMO DE LA SIMETRÍA

La eliminación de las superposiciones en los cruces permite la aparición de los grupos de este apartado.

6. CMM

Torre de la iglesia de la Asunción de Nuestra Señora de Villamayor en Zaragoza (figura 7).

Al contrario que *P1* es abundantísimo en decoraciones de cualquier estilo y época. El mudéjar aragonés no es una excepción. La figura 7 muestra dos ejemplos de este grupo. El de la parte inferior, una sencilla red de rombos, es el más característico en Aragón. Una ornamentación que pervive obsesivamente hasta los últimos períodos del mudéjar, dando lugar en ocasiones a programas decorativos monográficos para un mismo edificio, como en la torre de Olalla o en el ábside de Belmonte de Gracián.

Si seleccionamos fragmentos lineales de este paño obtenemos las cenefas L_7 , L_6 y L_3 (media, una y una hilera y media de rombos, respectivamante) también muy habituales. La primera de ellas puede verse en la figura 15.

7. PMM

Iglesia de Nuestra Señora de Los Ángeles de Peñaflor (Zaragoza) (figura 8).

Basta con cambiar alternadamente la decoración de las filas de rombos para obtener *PMM*. Se mantienen con ello las simetrías y desaparecen los deslizamientos.

La celosía rectangular que aparece a la derecha de la figura 6 sigue también el modelo *PMM*.

8. P4M

Ábside de la iglesia de San Pedro en Teruel (figura 9).

Si se cambian los solapamientos por cortes en el grupo *P4* se obtiene la estructura *P4M*. Las dos son muy habituales en la decoración de puertas mudéjares. El *P4M* seleccionado está formado por baldosas de dos colores: blanco para las estrellas de ocho puntas, obtenidas al ensamblar dos cuadrados, y verde para las cruces. La fotografía muestra además cenefas de tipo L_4 (recuadro de flechas de dos colores).

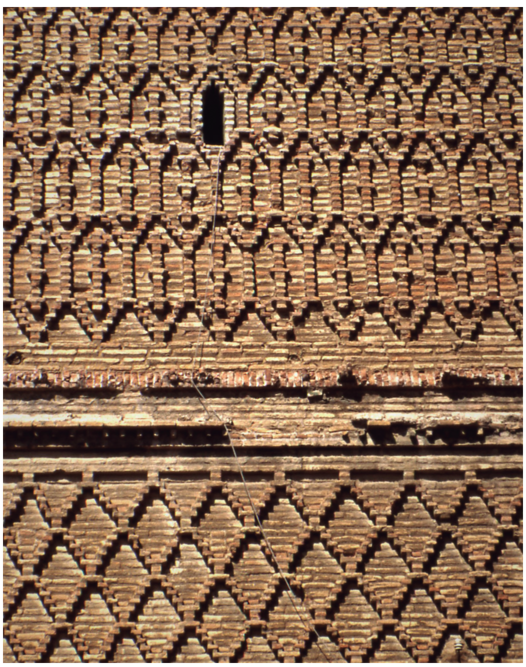


Figura 7. Torre de la iglesia de la Asunción de Nuestra Señora de Villamayor (Zaragoza)

Figura 8. Iglesia de Nuestra Señora de Los Ángeles de Peñaflor (Zaragoza)

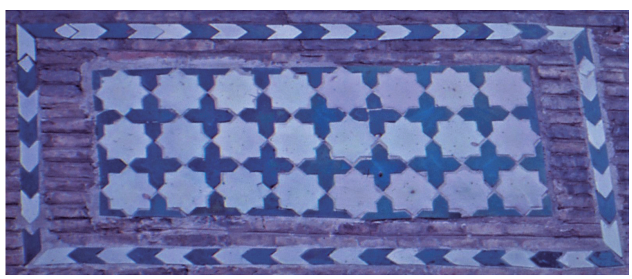


Figura 9. Ábside de la iglesia de San Pedro en Teruel

Se pueden observar también casos de *P4M* en el cuadrado superior de la derecha de la figura 6 o en el ajedrezado de cuadrados que puede observarse en la imagen superior de la figura 17.

9.P6M

Puerta de la excatedral de Roda de Isábena, en Huesca (figura 10).

La misma relación existente entre *P4* y *P4M* se da entre *P6* y *P6M*. En este caso, los clavos en los cruces evitan los solapamientos y aseguran las simetrías.

10. P4G

Claustro de la catedral de Tarazona (figura 11).

Un grupo intermedio entre *P4* y *P4M*. Desaparecen en él dos de las cuatro direcciones de simetría de *P4M*. Es intermedio incluso en sentido estético. Según como se observe, la vista fija su atención en los centros de giro de orden 4 o en las dos direcciones de simetría. Un grupo ambiguo, elegante, muy atractivo. Una bonita muestra de la capacidad de lo abstracto para generar sensaciones variadas y contrapuestas.

11. CM (y todas las cenefas)

Torre de la iglesia de Santa Ana de Mainar en Zaragoza (figura 12).

Una baldosa muy sencilla introducida tardíamente en el mudéjar aragonés (siglo XVI), un cuadrado dividido por una diagonal en dos zonas de dos colores, produce de forma muy natural, por simple apilamiento, el grupo *CM*. Los ejes de simetría pasan por el centro de las baldosas perpendicularmente a las diagonales que separan los colores. Paralelos a ellos se intercalan los de deslizamiento.

La sencillez de esta baldosa no es ingenua. Su eje de simetría y su carácter abstracto son las causas de su capacidad para producir estructuras geométricas muy variadas. Como muestra de esta capacidad incluimos las siete cenefas (figura 13), desarrolladas a partir de ella, tal como pueden verse en las torres de Villamayor y La Almunia de Doña Godina.

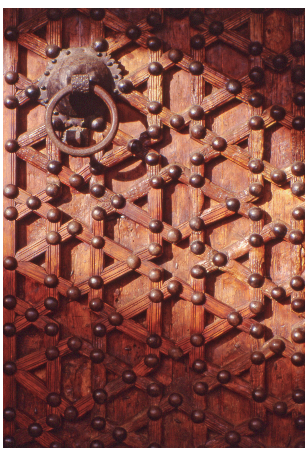


Figura 10. Puerta de la excatedral de Roda de Isábena (Huesca)

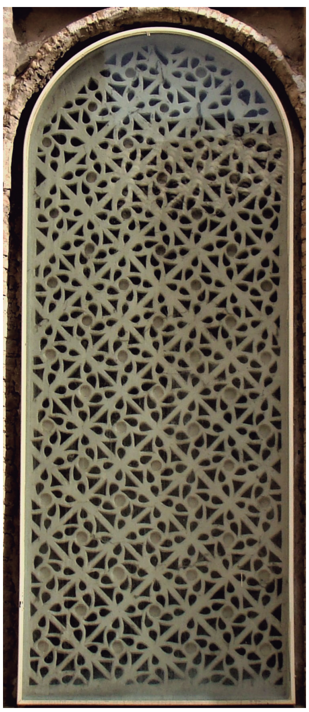


Figura 11. Yesería en el claustro de la catedral de Tarazona (Zaragoza)

Figura 12. Torre de la iglesia de Santa Ana de Mainar (Zaragoza) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Church_of_Santa_Ana,_Mainar_09.jpg>

12. PM

Claustro de la catedral de Tarazona (figura 14).

En este caso, la alternancia de filas paralelas con dos motivos distintos, cada uno de ellos con una sola dirección de simetría, elimina los deslizamientos.

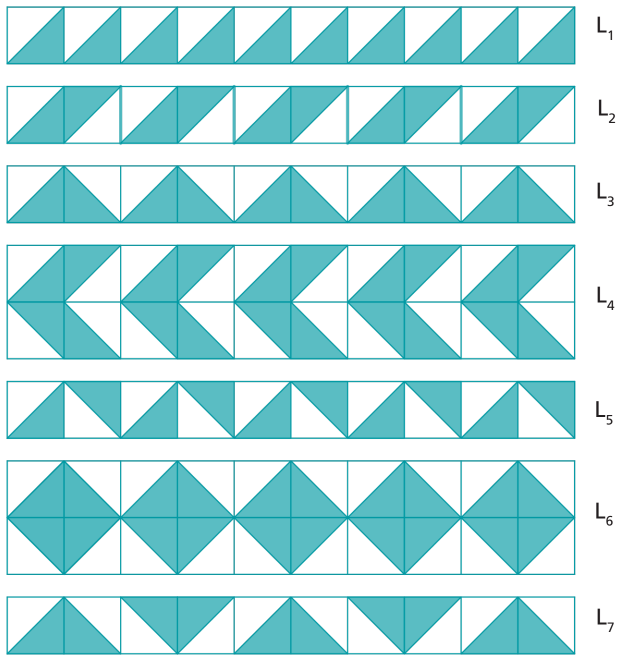


Figura 13. Las siete cenefas

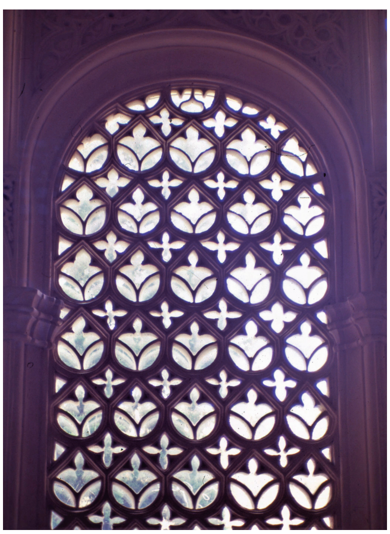
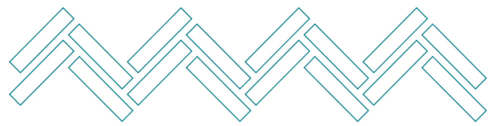


Figura 14. Yesería en el claustro de la catedral de Tarazona (Zaragoza)

LA ORIGINAL Y POCO HABITUAL ESTÉTICA DEL DESLIZAMIENTO

Los grupos construidos exclusivamente a partir de deslizamientos no son fáciles de observar. En *CMM, P4M, P4G, CM* y *P6M* (de los vistos hasta ahora) aparece también esta isometría, pero resulta de componer otras. Es decir: no forma parte necesariamente del sistema generador del grupo. De hecho, la vista suele detectar en ellos con preferencia las simetrías (aunque a veces hay sorpresas…).

De *PG*, un grupo escaso, ya hemos hablado porque lo hemos incluido entre los obtenidos por solapamiento. No es sencillo construir *PGG* (también difícil de observar) a partir de esta idea, puesto que ahora son necesarias dos direcciones perpendiculares de deslizamiento, pero al igual que *PG* nos ha resultado habitual por una decoración muy característica:



13. PGG

Torre del monasterio de Rueda en Zaragoza (figura 15).

En la Alhambra se encuentra gracias a una disposición muy común en suelos de ladrillo (en nuestros días, de parqué). En las torres y muros del mudéjar en Aragón es fácil encontrar dos bandas de ese embaldosado, formando un zigzag horizontal. Los centros de giro de orden dos están en los centros de los ladrillos.

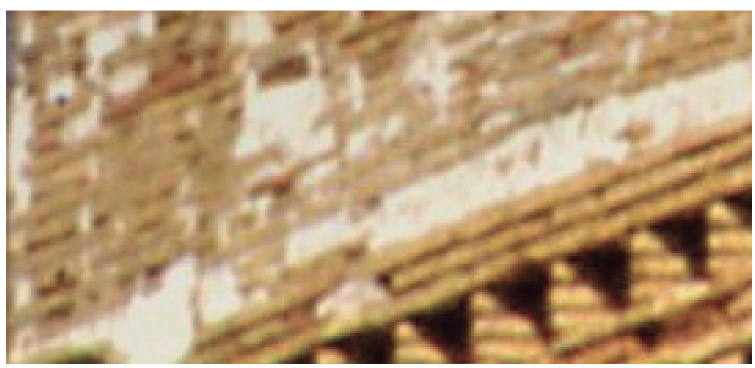
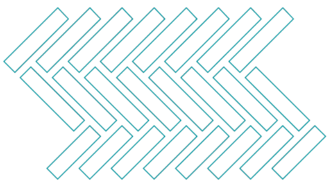


Figura 15. Torre del monasterio de Rueda (Zaragoza)

Aunque la presencia de dos hileras basta para poder hablar de un paño, puesto que aparecen ya traslaciones no horizontales, parece evidente la intencionalidad del artesano de sugerir una lectura exclusivamente lineal.

El módulo fundamental de la cenefa estaría formado por los dos fragmentos de dos ladrillos comprendidos entre dos de los ejes verticales de deslizamiento. Por supuesto, ya no son válidos los centros de giro. Estaríamos, por tanto, ante una L_5.

El mismo modelo de *PGG* tiene un desarrollo mucho más original e inquietante —el zigzag es ahora vertical— en la base de la torre de San Pablo, en Zaragoza:



Resulta didáctica la comparación de los dos dibujos anteriores considerados como cenefas. En el segundo caso estamos ante una L_2: la isometría generadora del friso en su avance horizontal no es ahora un deslizamiento sino el giro de 180º.

La decoración de la figura 15 incluye seis hileras de zigzag. El muro lateral derecho de la torre permite observar que dos de ellas están resaltadas alternativamente. La continuación del grupo con esta condición no cambia su caracterización como *PGG*.

La última banda decorada en la fotografía muestra una cenefa L_7 obtenida por dos hileras desplazadas de esquinillas.

14. PMG

Claustro de la catedral de Tarazona (figura 16).

PMG tiene direcciones de simetría y de deslizamiento. Al ser perpendiculares producen centros de giro de segundo orden y el resultado es menos estático que en *CM*, donde eran paralelas. Al igual que *P4G*, este grupo ofrece un efecto estético intermedio. En este caso entre *PMM* y *PGG*.

En la yesería de la figura 16 izquierda, *PMG* está obtenido por apilamiento de cenefas L_7, formadas por triángulos invertidos alternativamente. La celosía resalta un tipo de ejes de deslizamiento. Considérese el fuerte efecto del hecho de resaltarlos en la estética final del conjunto. Paralelos a ellos se adivinan los restantes, los ejes centrales de las cenefas L_7.

Si la «baldosa» que define la cenefa L_7 no tiene un eje de simetría, como los triángulos anteriores, *PMG* resulta más inestable, como puede observarse en el mismo claustro de Tarazona (figura 16 derecha)

LAS TRES DELICADEZAS DE LA TRAMA TRIANGULAR

Ya hemos comentado el carácter extraño a nuestra cultura occidental de la trama triangular, salvo el caso de *P6M* por la sencillez de su diseño. Tanto este grupo como *P6* se observan con facilidad en el mudéjar aragonés en decoraciones de puertas y en las yeserías del siglo XIV. Los otros tres grupos exclusivos de esta trama son realmente escasos. Solo hemos encontrado uno de cada tipo, situación análoga para dos de ellos en la Alhambra. Para obtener variantes hay que explorar la trama, y aquí es donde debe fallar la tradición. Por otra parte los materiales imponen sus condiciones: ¿cómo construir un *P3* superponiendo líneas de yeso para formar una celosía? Para obtenerlo es más cómodo el azulejo y ha sido finalmente siguiendo esta pista como lo hemos encontrado.

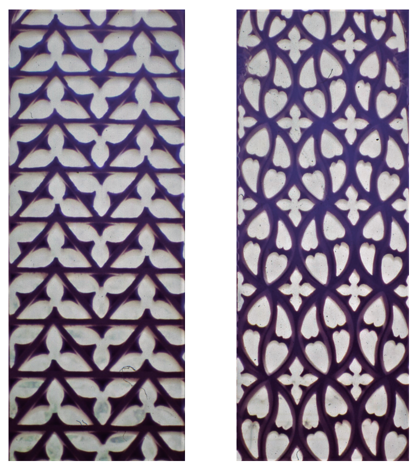


Figura 16. Yeserías en el claustro de la catedral de Tarazona (Zaragoza)

15. P3M1

Muro de la parroquieta de la Seo de Zaragoza (figura 17 arriba).

El mismo modelo que en la Alhambra. Nos referimos al «ajedrezado» de triángulos equiláteros que aparece rellenando los huecos entre el ladrillo en la parte superior de la fotografía. Sorprende la escasez de esta decoración dada la naturalidad del diseño. Aquí se manifiesta claramente el condicionante cultural [19].

Por lo demás, este muro de la Seo ofrece un amplio muestrario de estructuras geométricas. En este fragmento podemos observar cenefas de los tipos L_6, L_3, L_4, L_5 y L_2 (esta última si consideramos conjuntamente los dos zigzags de ladrillo), y grupos *P3M1*, *P4M* (ajedrezado normal de cuadrados).

16. P31M

Facistol de la iglesia de la Magdalena en Tarazona [20] (figura 18).

Un producto extremadamente sofisticado, creación del taller de taracea de Torrellas, activo durante el siglo XVI. Las tres direcciones de ejes de simetría se cortan, por supuesto, en centros de giro de orden 3, pero a diferencia de *P3M1* hay también centros de giro por los que no pasan ejes de simetría.

17. P3

Muro de la parroquieta de la Seo de Zaragoza (figura 17 abajo).

Un paño complejo, resultado de las aportaciones sucesivas de artesanos aragoneses y andaluces. Es el último que localizamos, cuando ya dábamos por supuesto que nos quedaríamos en 16; está realmente escondido, a pesar de exponerse al público todos los días. Su descubrimiento, un largo proceso guiado primero y analizado posteriormente desde la resolución de problemas —a veces las deformaciones profesionales son rentables—, merece que le dediquemos todo un capítulo que contribuirá, esperamos, a explicar nuestra convicción, más allá del caos que reina actualmente en el paño.

Figura 17. Muro de la parroquieta de la Seo de Zaragoza

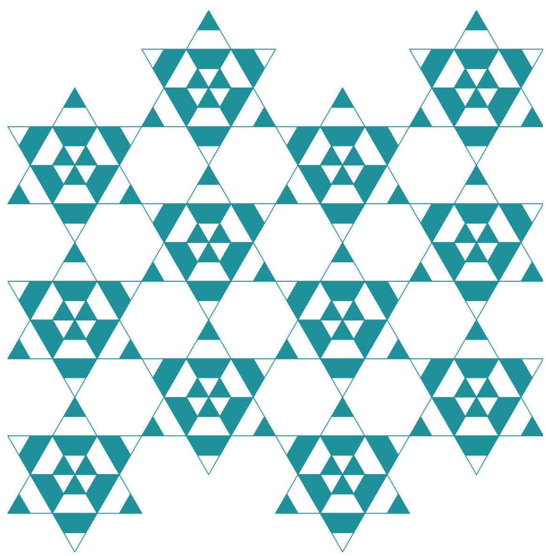


Figura 18. Facistol de la iglesia de la Magdalena en Tarazona

III

UNA BÚSQUEDA SISTEMÁTICA MÁS ALLÁ DE LA EVIDENCIA

En septiembre anunciábamos en Teruel[21] la presencia de dieciséis de los diecisiete grupos de simetría en el mudéjar aragonés. Pese a la revisión exhaustiva de apuntes y fotografías no habíamos conseguido localizar el último. Faltaba un *P3*. Abordamos su búsqueda como si de un problema se tratase.

A priori no parecía un grupo particularmente complicado ni en su estructura ni en su diseño. Hay que partir de una trama hexagonal en la que tan solo admitiremos centros de giro de orden tres (120º). Sus homónimos *P2*, *P4* y *P6* son habituales en las decoraciones mudéjares aragonesas. Caracterizan sin ningún género de dudas las celosías en yeso del siglo XIV. Los dos primeros definen, casi por sí solos, las pervivencias barrocas del XVII en ese mismo material.

Sin embargo, un detenido análisis de los modelos observados de estos tres grupos nos llevó a asociarlos, casi indisolublemente, al solapamiento. Es precisamente esa condición la que convierte en mayoritaria su presencia. Bajo esa premisa de entrelazar las líneas en los cruces[22] la naturalidad conduce a *P4* desde la trama cuadrada, a *P2* desde la paralelográmica y a *P6* desde la hexagonal, pero *P3* parece necesitar de la originalidad para forzar el resultado. Ante su ausencia surge una doble pregunta: ¿cómo conseguir *P3* mediante el solapamiento?; o, en su defecto, ¿cómo modificar la natural disposición de *P6* para lograr un *P3*, manteniendo esa misma vocación de superponer las líneas en los cruces?

PRIMEROS TANTEOS

Una asociación de ideas —como tal irreflexiva— incita a relacionar el *P3* con la trama isométrica. La exigencia de generar el grupo basándolo en el solapamiento plantea entonces, como dificultad más evidente, la imposibilidad de superponer más de dos líneas en el mismo cruce. Ello obliga a introducir modificaciones en la trama triangular que deberán superar además otro inconveniente: el entrelazado de líneas genera con facilidad centros de giro de orden dos que están ausentes de la estructura algebraica de *P3*. Esa es la razón de que surja *P6* con tanta naturalidad, una y otra vez, aunque tratemos de evitarlo.

Así por ejemplo, tomando el entramado isométrico como referencia, podemos partir de un triángulo[23] que nos asegure el centro de orden tres y tratar de enlazarlo con otros por diversos medios. Como resultado aparecen los modelos de las figuras 19 y 20, ambos *P6*. También podríamos optar por desplazar paralelamente a sí mismas, una distancia igual a la mitad de la que las separa, las líneas horizontales que conforman la trama[24]. Se consigue de este modo eliminar los centros de giro de orden dos y la superposición múltiple en los cruces. Pero se obtiene de nuevo como resultado el diseño de la figura 20.

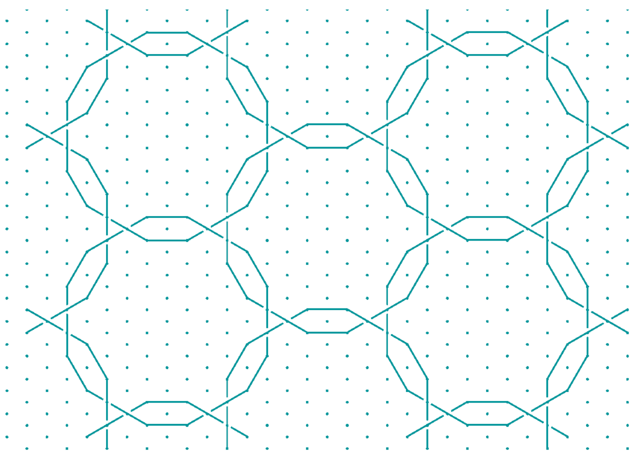


Figura 19

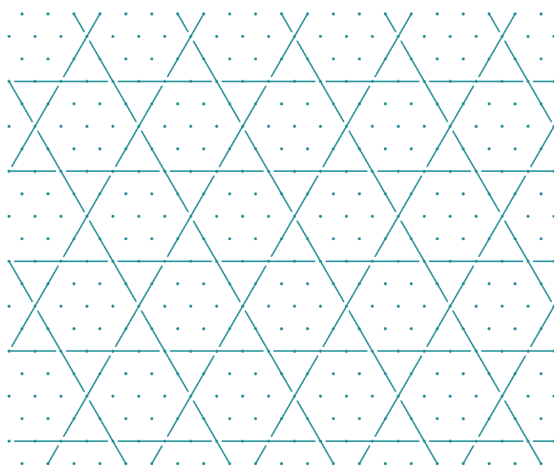


Figura 20

Una nueva revisión de la iglesia de Tobed, con la mirada guiada por otros objetivos pero con la búsqueda de *P3* alimentando nuestras obsesiones, nos hizo detenernos en un pequeño óculo interior situado sobre el altar mayor en el que sorprende la disposición de las líneas, aparentemente caótica (figura 21). El triángulo, tan carismático en la simbología cristiana, parecía tratar de compaginar la evocación de la Trinidad y la aspiración musulmana de aunar unidad y multiplicidad a base de cubrir todo el plano. Resultaba atractivo pensar que este original diseño pudiera generar de algún modo un *P3*. Dábamos por supuesto que no formaba parte de un deseo explícito de llegar a él a través del solapamiento —una aspiración más propia de las matemáticas que de la estética— pero era nuestra única baza en aquellos momentos.

En realidad, la idea que sugiere nos permite modificar el *P6*, aunque el resultado no mantiene la condición de que cada línea alterne su posición con las demás a medida que se va encontrando con ellas, ni evita la intersección de tres líneas en el mismo vértice (figura 22). Un pequeño inconveniente que se resuelve duplicando las rectas que parten del interior de los triángulos, aunque esa solución nos devuelve, una vez más, al *P6*.

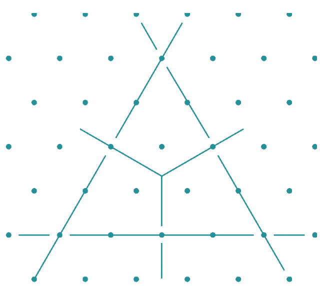


Figura 21

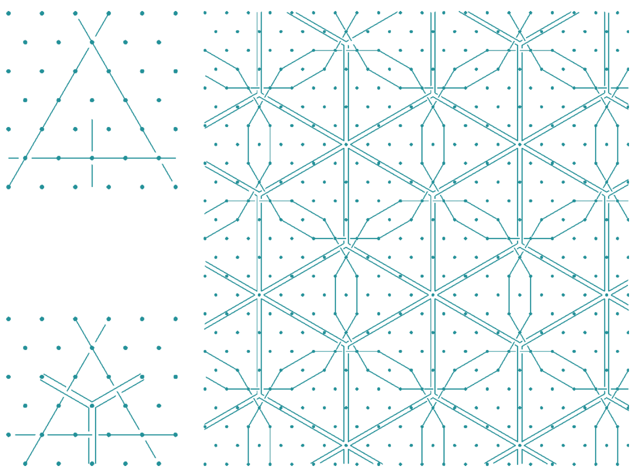


Figura 22

Estas dificultades reforzaron la convicción inicial de que el tanteo era un camino ingenuo. A pesar de tener claro el objetivo, partíamos en desventaja respecto a los alarifes mudéjares. El alarde de creatividad geométrica y diversidad decorativa alcanzado por el arte hispanomusulmán hacía suponer de antemano que no iba a ser fácil encontrar un diseño, estructuralmente distinto, ligado en exclusiva a la idea del solapamiento.

Desde nuestro punto de vista, condicionado por la búsqueda del *P3*, el aparente error de Tobed era al mismo tiempo el resultado de una necesidad y la explicación de una imposibilidad. Parecía más razonable tratar de localizarlo introduciendo modificaciones en un *P6*. Sin embargo, el azar también juega sus cartas y uno de los primeros intentos de generar un *P3* desplazando las líneas horizontales que generan la trama isométrica —despreciado en un principio por infructuoso— aportó el embaldosado de la figura 23.

Sin embargo —seguramente como consecuencia del uso de tramas en el diseño— era poco probable encontrarla en el exterior de los muros de nuestras iglesias o en la decoración en yeso de sus interiores.

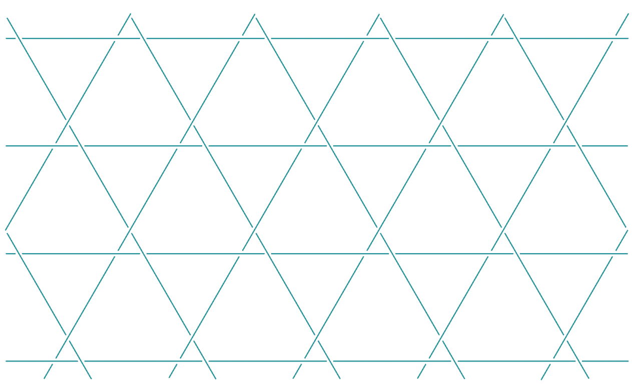


Figura 23

EJECUTAR UN PLAN: MODIFICAR UN P6

En teoría, modificar un *P6* para llegar a un *P3* parece sencillo. Si se recurre al color, basta con elegir dos tonalidades distintas y decorar con ellas alternativamente las figuras del paño capaces de repetirse seis veces al girar sobre sí mismas (figura 24). Al eliminar los centros de giro de orden seis desaparecen también los de orden dos.

La solución resulta difícil de trasladar a las celosías caladas en yeso, salvo que se hubiera optado por colorear sus diferentes tramos adecuadamente. Una apuesta estética que se nos antoja inverosímil puesto que no han llegado ejemplos de ella hasta nuestros días. En cualquier caso quedaba claro que se debía ampliar la búsqueda a otros materiales.

Desde un punto de vista técnico se abre una nueva línea de trabajo. La decoración de la figura 24 no es otra cosa que el resultado de superponer un *P6*, construido a base de solapamientos, a un *P3M1* producto del juego alternativo de dos colores. El procedimiento resulta asequible una vez que nuestra búsqueda ha dejado de vincular en exclusiva *P3* a la superposición de líneas. Por otra parte, el obligado recurso al color dirigió nuestra atención a la cerámica (como en la Alhambra) o a la pintura. Dadas las características del mudéjar aragonés, la solución —si existía— probablemente estaría ligada a una combinación de materiales: ladrillo y cerámica o madera y pintura. Incluso agramilado y pintura.

En esa tesitura, y dada la escasa presencia de *P6* en otro material que no sea el yeso, el primer candidato era sin duda el muro de la parroquieta de San Miguel en la Seo de Zaragoza. Habíamos analizado el paño con anterioridad identificando por separado *P6* en ladrillo resaltado y un posible *P31M* en cerámica. Y…, como no podía ser de otro modo…, ¡allí estaba!, el resultado ¡era evidente! y lo fue todavía más visto al natural, prescindiendo de la limitación fotográfica.

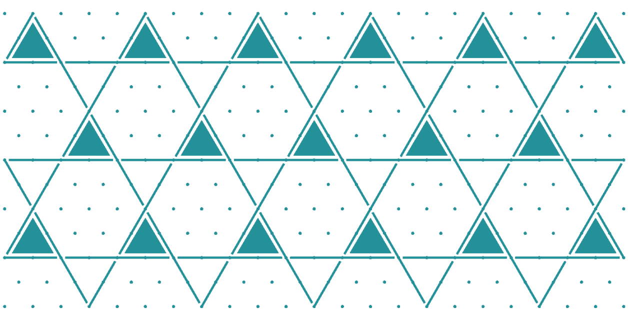


Figura 24

¿Cómo podía habernos pasado desapercibido hasta ahora? El hecho no debe sorprendernos: algunos grupos son difíciles de localizar. Se precisa identificar localmente sus isometrías y abarcarlas globalmente para cerciorarse de que efectivamente dejan invariante el plano y no solo ese fragmento en el que las hemos identificado. Pero la vista no siempre da esta visión de conjunto, hay que reconstruirla mentalmente. Máxime en la Seo, donde la escasa amplitud de la calle dificulta un distanciamiento que favorecería, sin duda, esa imprescindible recreación mental. Ante la complejidad, la mente necesita tiempo. Tiempo para estructurar, pero sobre todo tiempo para saber lo que tiene que buscar. Es entonces cuando se impone agresiva la obviedad, por más que solo alcance el carácter de tal *a posteriori*.

UNA PASAJERA DECEPCIÓN

Sin embargo, la evidencia que aporta la razón resulta a veces cegadora y nos permite ver, con claridad meridiana, incluso lo que no existe. La misma dificultad que nos había impedido reconstruir el paño en su globalidad, favoreció ahora la recreación de una certeza algebraica más allá de la realidad física que se abría a nuestros ojos (figura 17 abajo). Un detenido análisis de cada una de las componentes del paño comienza por identificar pequeños errores que se van multiplicando aquí y allá. La mente se niega a admitir que la única regularidad que presenta la cerámica enclavada bajo el *P6* de ladrillo resaltado es su desorden. Y niega lo que ve porque le es ajeno, porque choca frontalmente con la experiencia vivida en todos y cada uno de los edificios visitados, en todas y cada una de las ilustraciones consultadas: el caos compositivo repugna a la sensibilidad mudéjar.

Es cierto que la sofisticación, en unos casos por el uso de motivos no geométricos y en otros por el empleo del color, llevó al arte hispanomusulmán a la eliminación sucesiva de las isometrías básicas implicadas en determinados paños hasta reducir su estructura a P1. Pero aquí el caos existente ni siquiera respeta el mínimo orden que generan las traslaciones, en contraste con el respeto exquisito de todo el conjunto al entramado isométrico (figura 27). Resulta por tanto inevitable preguntarse cuál pudo ser la composición original de esta parte del muro.

ELEVAR LA ESPECULACIÓN A RANGO DE HIPÓTESIS

Conviene, en primer lugar, identificar los cuatro elementos decorativos (figura 25) sobre los que se estructura el paño de azulejos y que no son otros que los diferentes huecos que deja el *P6* de ladrillo. Es decir: estrellas, hexágonos regulares, «puntas de flecha» y hexágonos alargados [25] que encierran cinco rombos de color verde sobre «fondo» blanco (o viceversa). En cuanto a las estrellas, podemos distinguir además dos modelos diferentes. Por un lado están las

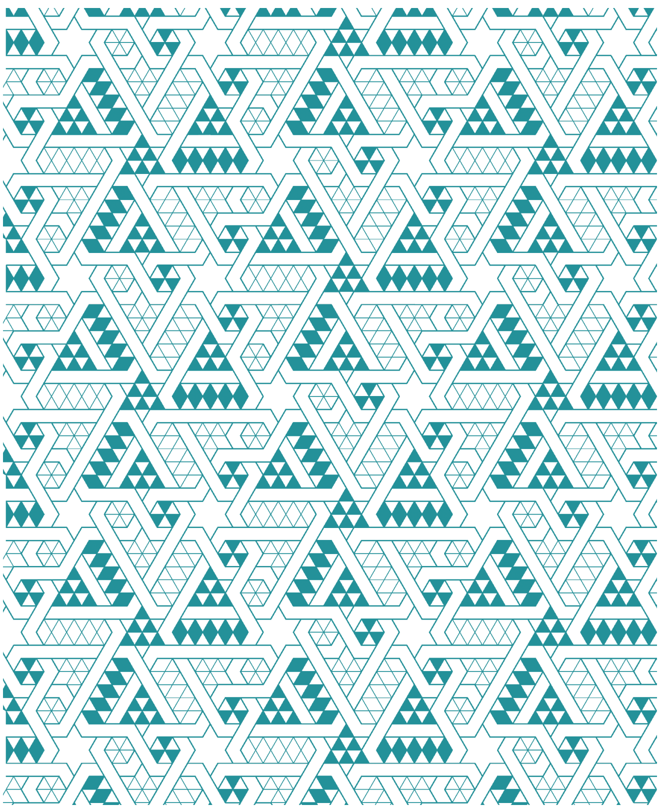


Figura 25

que se prolongan en seis brazos de rombos (tipo A) y por otro las que alternan estos con hexágonos regulares (tipo B). Podemos elegir entonces un tipo de decoración determinado para cada uno de ellos y analizar las posibilidades de que disponemos a la hora de construir un *P3*. La figura 25 incluye las disposiciones decorativas mínimas a las que obliga este grupo de simetría y que analizamos a continuación.

Identificados los centros de las estrellas de seis puntas como centros de giro de orden tres, y elegida una determinada disposición de los colores de los azulejos en un tipo de ellas (triangulitos negros hacia arriba en las de tipo A, por ejemplo), los centros de giro situados en las otras les obligan a mantener la misma orientación, pero dejan libres a las de tipo B [26]. En cualquiera de los dos casos el resultado seguiría siendo *P3* una vez que la alternancia de colores de la cerámica ha roto los centros de orden seis.

Lo mismo sucede con el resto de las formas. Podemos optar por decorar las que hemos dejado en blanco de cualquiera de las dos posibilidades: triangulitos negros hacia arriba o hacia abajo, en el caso de las estrellas, «puntas de flecha» y hexágonos regulares [27], y con rombos blancos o negros en el de los otros hexágonos. En resumen, sesenta y cuatro formas distintas de obtener un *P3*.

De todas ellas nos inclinamos a pensar que fue precisamente la de mayor alternancia decorativa la que vio la luz a manos de los azulejeros sevillanos (figura 26). Dos razones sostienen esta creencia: la presencia actual en el muro de todas las variedades de figuras que hemos analizado y la seguridad de que se respetó el dinamismo del giro que impone el ladrillo. La primera de ellas tiene un peso muy relativo, dados los previsibles cambios sufridos por el modelo inicial, y además nos permite rechazar la idea inicial de un *P31M* modificando el *P6* en ladrillo resaltado.

Queremos plantear todavía una última posibilidad, insinuada por la presencia del *P3M1* de la parte superior del muro. ¿Sería posible una decoración en la que el P6 de ladrillo se superpusiera a un «ajedrezado» de triángulitos blancos y verdes? La perfecta conjunción de ladrillo y cerámica con el entramado isométrico (figura 27) hace factible esta opción que, como cabía sospechar, nos lleva también al *P3* (parte izquierda de la fig. 27). Sin embargo, el exceso de orden en la disposición de la cerámica de los brazos de las estrellas produce el efecto contrario: un aparente desorden que molesta la lectura del paño. Ello explicaría la modificación que se observa en el muro, alternando rombos blancos y verdes. Aporta una mayor estabilidad a la composición reforzando curiosamente, a través de la simetría, la idea de giro. En cualquier caso, el resultado nos lleva de nuevo a *P3*.

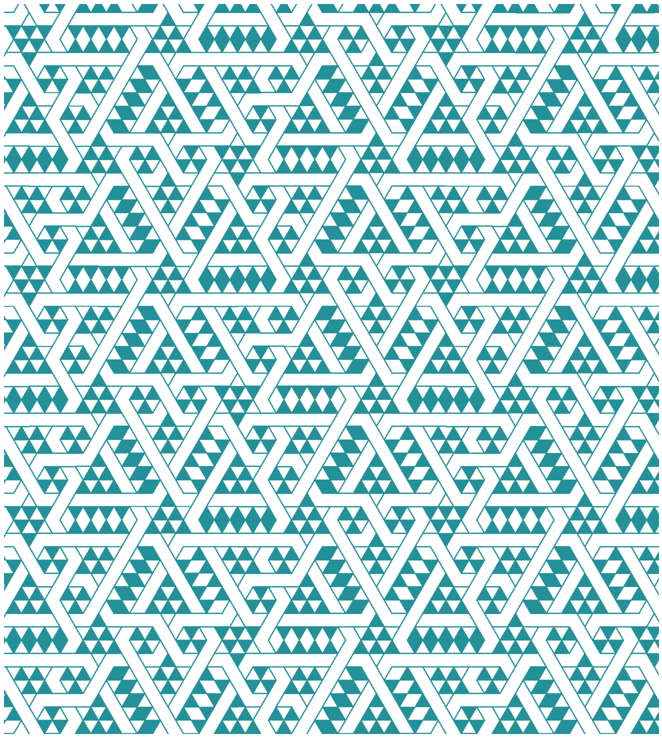


Figura 26

CONCLUSIÓN

Si nos centramos en el paño tal como los siglos lo han hecho llegar hasta nosotros y lo analizamos desde el punto de vista de las características del arte hispanomusulmán, esto es: asumiendo el respeto a la infinitud, a la búsqueda de la uniformidad, al deseo de regularidad que evite identificar un fragmento del mismo como núcleo central, en definitiva, si admitimos el inequívoco sometimiento a la estructura geométrica que subyace bajo la composición, lo primero que debería sorprender es el caos originado por el paso del tiempo. De hecho no podemos decir que el paño realmente existente en el muro de la parroquieta de San Miguel sea un *P3*. Tampoco podemos afirmar que lo hubiera en otro momento. Y, sin embargo, no encontramos razones que apuesten por *P1*, única opción no rechazada de antemano por la composición de ladrillo y cerámica [28]. Así pues, dado que la decoración actual del muro no parece razonable y todas las opciones teóricas estudiadas nos llevan al *P3*, afirmamos la presencia de los diecisiete grupos en el mudéjar aragonés.

IV

FINAL EN LA ALJAFERÍA: MÁXIMA VARIEDAD EN MÍNIMO ESPACIO

La austeridad decorativa y el tamaño de los edificios del mudéjar aragonés dificulta la posible presencia de todas las estructuras en una única construcción. Aún así se dan casos de abundante variedad de modelos (claustro de Tarazona, muro de la Seo). Es claro que resulta excesivo pedirle a un solo edificio los 17 grupos de simetría, pero sí que parecería más fácil localizar las siete cenefas. Como profesores de matemáticas sabemos que alumnos y alumnas de secundaria obtienen todas por simple experimentación. Su empleo ha sido general a todas las culturas. Pues bien: es realmente difícil encontrarlas juntas. La exhaustividad temática en lo estructural requiere de una búsqueda consciente, y el artesano actuaba guiado por la tradición, no por la teoría.

Las torres de La Almunia de Doña Godina y de San Martín de Teruel ofrecen seis tipos distintos de cenefas. En la torre de Villamayor aparecen las siete, pero hay que forzar la interpretación para alguna de ellas. También es posible verlas en la techumbre de la catedral de Teruel; aunque en este caso era previsible encontrarlas, lo cierto es que están por muy poco, gracias a dos bandas de un *P4M* consideradas como cenefa L_7. Pero queremos resaltar especialmente el Salón del trono de la Aljafería. En el reducido espacio

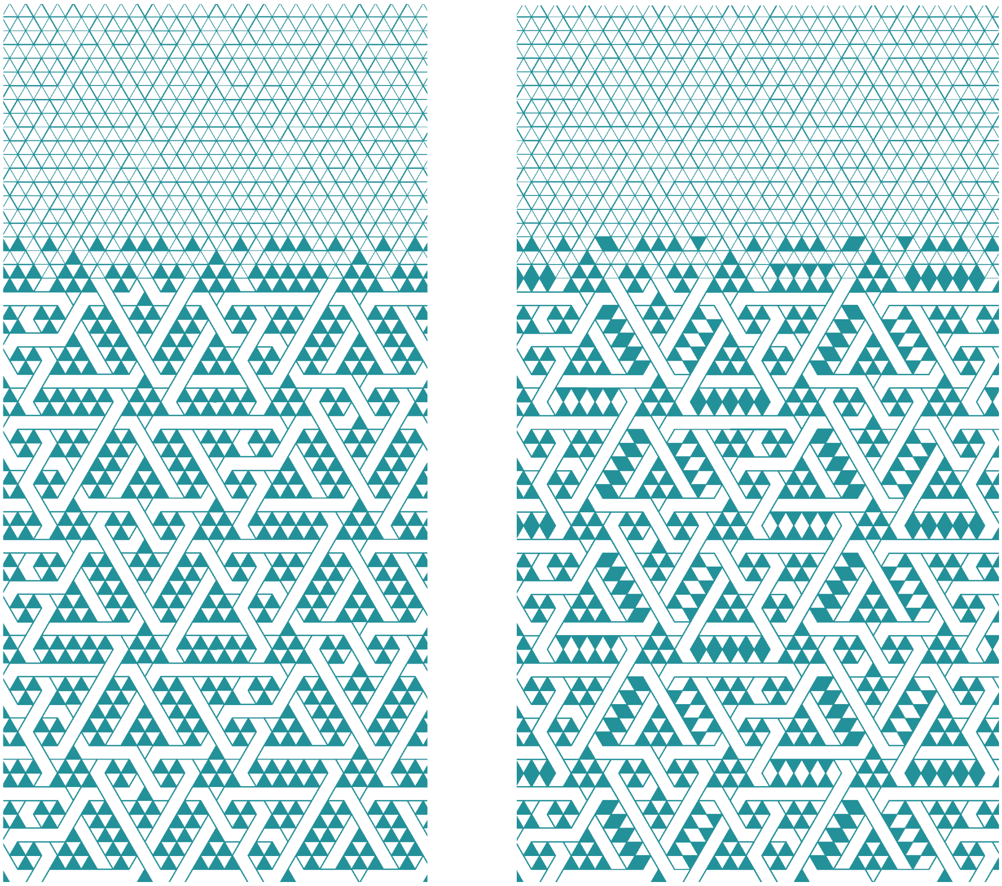


Figura 27

que va del comienzo de la obra en madera en el muro hasta la galería balconada que bordea la estancia, se encuentran los siete tipos de cenefas. Un curioso ejemplo de exhaustividad temática teórica que quizás se produjera por la especial magnificencia de la obra.

Ángel Ramírez Martínez
IES Biello Aragón. Sabiñánigo

Carlos Usón Villaba
IES Marco Fabio Quintiliano. Calahorra
<usonvillalba@gmail.com>

1 Por ejemplo en el retablo del Santo Espíritu, de Pere Serra, en Manresa.

2 Matila C. Ghyka: *Estética de las proporciones en la Naturaleza y en las Artes* y *El número de oro*, Poseidón. Buenos Aires, 1953 y 1968. Sin volver a postular un pitagorismo ingenuo, sí que deberíamos plantearnos qué dejaciones ha asumido la comunidad matemática para haber perdido estos libros como propios durante tanto tiempo.

3 ¿Hace falta advertir que se trata de una broma? Los intentos de la Ciencia (sí, aquí procede la mayúscula; la Autoridad

siempre se nombra con mayúscula) al servicio del Poder (también con mayúscula), pretendiendo interpretar(nos) solo a partir de modelos reduccionistas son cada vez más fuertes. Por eso no evitamos esta nota. Afortunadamente, en palabras de Pasternak, «la vida se derrama siempre por el borde de todas las copas».

4 Atomizada, no atomista. El mundo está compuesto de seres y objetos no relacionados entre sí con los que Dios juega a su voluntad.

5 No pretendemos extendernos sobre estas cuestiones. Ni es el lugar ni estamos preparados para ello. Se trata solamente de aportar algunas claves interpretativas. Puede consultarse: Joaquín Lomba Fuentes: «Aproximación a una estética musulmana», incluído en *La Filosofía y sus márgenes: Homenaje al profesor Carlos Baliña Fernández*, Universidad de Santiago de Compostela, 1997.

6 No perdemos de vista, por ejemplo, la estructura de las salas de Dos Hermanas y Abencerrajes (véase el número especial de la revista *Epsilon* (p. 80) sobre la Alhambra). Pero en conjunto, como afirma el profesor Lomba (obra citada en la nota anterior), la mezquita de Córdoba admitió ampliaciones sin pérdida de su belleza. Algo impensable en el Partenón y discutible en las iglesias cristianas, edificios definitivamente marcados por su estructura.

7 Sin pretender establecer una conexión fuerte, sino simplemente resaltar la coincidencia, queremos recordar el enfoque aritmético y algebraico que los sabios islámicos medievales dan a su producción matemática. Siguen efectuando demostraciones geométricas por respeto a Grecia, pero a partir de ellos la geometría queda ligada al álgebra. Este enfoque algebraico ha sido relacionado por algunos autores (Youskievich, por ejemplo, en la *Historia general de las Ciencias*, dirigida por René Taton) con las características del idioma árabe, en el que la formación de palabras relativas a un tema tiene cierto sabor a la obtención de valores numéricos (en este caso lingüísticos) de un polinomio en las consonantes, para ciertos valores de las vocales.

8 Y de la componente platónica que siempre la acompaña.

9 Siglos XIII-XIV. Maestro de obras del papa Luna. Uno de los más importantes alarifes del mudéjar aragonés.

10 E. Roanes Macías y E. Roanes Lozano: «Simetría en mosaicos romanos», incluído en el *Boletín nº 37* de la Sociedad Puig Adam de Profesores de Matemáticas, Madrid, abril de 1994.

11 J. Garrido: «Les groupes de symetrie des ornaments employés par les anciennes civilizations du Mexique», *C. R. Acad. Sci. Paris* 235, 1134-1186.

12 M. de la Fuente Martos: «Introducción didáctica al estudio de mosaicos periódicos. Análisis de los mismos en la mezquita de Córdoba» (En el número especial de la revista *Epsilon* dedicado a la Alhambra).»

13 Maltsev: «Grupos y otros sistemas algebraicos» (en Aleksandrov y otros: *La matemática: su contenido, métodos y significado*, Alianza Universidad, 1976). La notación no es estándar, y al contrario que la que hemos escogido para los paños no hace referencia a la estructura de la cenefa. Se trata sencillamente de una numeración arbitraria de los distintos modelos. La sencillez de las cenefas y su reducido número hace cómoda cualquier notación.

14 Por respeto al rigor del que siempre se ha hecho gala en matemáticas, nos parece obligado incluir dos advertencias. Un mosaico o un friso, por definición, cubre totalmente el plano o un fragmento lineal del mismo. Las decoraciones no pueden mostrar, por tanto, mas que una parte. Se les asigna la condición de tal o cual grupo cuando están presentes elementos suficientes para ello. Las decoraciones, además, no son el grupo, pero para agilizar la redacción del texto nos permitiremos abusar del lenguaje. En la misma línea, emplearemos diversas palabras como sinónimos: paños, mosaicos y embaldosados, o cenefas, frisos y bandas.
Utilizaremos también las expresiones «simetria bilateral» (como Herman Weyl) o «reflexión» (como Coxeter) para referirnos a la isometría «reflexión respecto de un eje».

15 En el tablero de ajedrez —P4M— están resaltadas por los colores alternados de las casillas… si se coloca el tablero apoyado sobre un lado. Si se coloca «en posición de rombo» quedan muy escondidas.

16 Es decir, realizado por artesanos locales. No estamos hablando del origen del motivo de la decoración.

17 Para este último aspecto remitimos a nuestro trabajo para el Centro de Estudios Mudéjares.

18 Hay un error en el rombo superior de la fila central (¿alguna restauración?) que gira en sentido contrario a los otros 12 que aparecen en la celosía.

19 Curiosamente este tipo de ornamentación es habitual en las iglesias románicas de la región de Auvergne.

20 ¿Será suficiente la rareza de esta decoración para que se restaure el facistol? En la situación actual pasa absolutamente desapercibido.

21 VIII Simposio Internacional de Mudejarismo. Septiembre 1999.

22 De las diferentes formas de entrelazado, el mudéjar opta por aquella en la que cada línea pasa, alternativamente, por encima y por debajo de las que encuentra en su camino.

23 Puede tomarse como punto de partida el que aparece sombreado en negro en cada una de las figuras.

24 Atravesarían, horizontalmente, los vértices de los hexágonos que ahora quedan libres, tal como indica la que aparece punteada en la figura 20.

25 En adelante nos referiremos a estos últimos como «brazos».

26 De hecho, ni siquiera están obligadas a mantener una misma orientación todas las estrellas de tipo B.

27 Imponer la condición de que el fondo sea un P31 reduce las opciones a dieciseis puesto que obliga a los rombos a ser todos iguales y a los hexágonos regulares a situarse simétricamente unos respecto a otros.

28 Las referencias gráficas que hemos encontrado son dibujos que, lejos de reflejar fielmente lo que había lo falsean, interpretando desde un punto de vista muy occidentalizado la sensación general que debía producir un paño tan tremendamente plástico y complejo como este.