

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA CRISTALOGRAFÍA A TRAVÉS DE ELEMENTOS ORNAMENTALES DE EDIFICIOS HISTÓRICOS DE SALAMANCA, ESPAÑA

Didactic proposal for crystallography teaching using ornamental elements in historic buildings of Salamanca (Spain)

J. DELGADO-IGLESIAS*

J. MEDINA GARCÍA**

(*) Departamento de Didáctica de las Ciencias Sociales y Experimentales. Facultad de Educación y Trabajo Social. Universidad de Valladolid. Paseo de Belén, 1. 47011 Valladolid. Correo-e: jdelgado@dce.uva.es

(**) Departamento de Física de la Materia Condensada, Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. Universidad de Valladolid. Prado de la Magdalena, s/n. 47002 Valladolid. Correo-e: medina@fmc.uva.es

(FECHA DE RECEPCIÓN: 2011-12-12) (FECHA DE ADMISIÓN: 2012-01-05)
BIBLID [0211-8327 (2012) 48 (2); 179-196]

RESUMEN: El objeto de estudio de este trabajo es una propuesta didáctica para la enseñanza de la Cristalografía como base conceptual para el estudio de la materia cristalina y los minerales. Se ha llevado a cabo un estudio de elementos ornamentales o pictóricos que decoran las fachadas e interiores de 10 edificios históricos de la ciudad de Salamanca, reconociendo motivos o dibujos que se repiten e identificando mosaicos y frisos. En los diez edificios se han reconocido 19 frisos y 13 mosaicos. En el primer caso, se identifican 5 grupos espaciales, siendo los grupos 1m1 y 2mm los más comunes. En los mosaicos se identifican 5 grupos espaciales, siendo los más comunes los grupos Cmm y P4mm. A partir del estudio, se proponen actividades a lo largo de un recorrido urbano dirigidas a alumnos de titulaciones universitarias relacionadas con la Cristalografía o con la Matemática o para alumnos de Enseñanzas Medias. Los alumnos aplicarán las actividades cuando visiten el edificio, respondiendo a la aplicación o puesta en práctica y autoevaluación de los contenidos teóricos desarrollados en el aula. Básicamente, consisten en la representación del elemento ornamental observado e identificación de

los diferentes elementos geométricos (motivo, planos, ángulos, elementos de simetría...).

Palabras clave: Patrimonio histórico, aplicación didáctica, enseñanza de la Cristalografía, Salamanca (España).

ABSTRACT: The aim of this paper is a methodological approach to the teaching of crystallography as a conceptual argument for the study of crystalline matter and minerals. It has carried out a study of ornamental or pictorial elements that decorate the facades and interiors of 10 historic buildings in the city of Salamanca, recognizing patterns and identifying mosaics and friezes. In the ten buildings have been recognized 19 friezes and 13 mosaic. In the first case, 5 space groups are identified, but the 1m1 and 2mm are the most common groups. On the mosaics are identified 5 space groups. The most common are the P4mm and Cmm groups. From the study, activities are proposed along a city tour for students of university degrees related to crystallography or mathematics or Secondary Education students. Students will apply the activities when visiting the building, responding to the implementation of the theoretical contents developed in the classroom. Essentially consist in representing the observed ornamental and identification of different geometric elements.

Key words: Historic heritage, didactic application, Crystallography teaching, Salamanca (Spain).

INTRODUCCIÓN

La existencia de elementos repetidos de forma ordenada y que presentan un patrón matemático rodea al hombre desde el principio de los tiempos en diferentes facetas: arte, ciencia, naturaleza, etc. Desde tiempos muy remotos, el hombre utilizó bases matemáticas para decorar tejidos realizados con fibras vegetales a través de la repetición de formas geométricas. También utilizó el mismo planteamiento para la decoración de cerámicas, decoración de mosaicos y ornamentación de edificios, habiendo dejado un legado de increíble belleza en algunos de ellos. Pero la naturaleza también reproduce a escala microscópica la repetición tridimensional de infinitos motivos (átomos, moléculas, conjunto de moléculas, etc.) manteniendo relación entre ellos a través de elementos de simetría y sin existir huecos entre los motivos. Se trata de la materia cristalina, siendo la principal característica de los minerales. Para el correcto estudio de éstos es esencial el conocimiento de las características de la naturaleza de la materia cristalina, como principal propiedad de los minerales a través de la disciplina de la Cristalografía. El estudio de esta disciplina puede ayudar a comprender los mecanismos de crecimiento de minerales y las características de los distintos grupos cristalinos y su combinación, aclarando

en la que se propone utilizar, como introducción a la enseñanza de la Cristalografía, el legado del patrimonio histórico inmueble a través de la ornamentación de los edificios en los que se identifican elementos con repetición de motivos. Un caso particular de este tipo de ornamentación son los esgrafiados. El esgrafiado consiste en una técnica decorativa mural obtenida enluciendo una superficie para posteriormente raspar la capa más superficial del enlucido según un motivo o dibujo. El resultado es una repetición del dibujo y un contraste entre dos tonalidades debido al leve relieve que presenta. El dibujo o motivo se obtiene mediante una plantilla metálica que se superpone al enlucido para posteriormente raspar la superficie libre en los huecos de dicha plantilla. Esta técnica parece tener una gran influencia mudéjar y también está justificada por la intención de decorar construcciones realizadas con materiales poco nobles (mampostería, adobe, ladrillo).

El esgrafiado como recurso decorativo es muy abundante en ciudades como Segovia, siendo una característica del patrimonio arquitectónico de la ciudad. En Salamanca también existe este tipo de decoración, aunque de manera reducida. Los elementos pictóricos, dibujos y esgrafiados que aparecen decorando la fachada, paredes, balconadas o pasamanos de multitud de monumentos y edificios históricos pueden servir como elementos idóneos para desarrollar o comprender los conceptos básicos relacionados con los contenidos en Cristalografía, existiendo ya diversos trabajos (RULL, 1987; FENOLL HACH-ALÍ y LÓPEZ GALINDO, 2003; DELGADO Y MEDINA, 2004). El aprovechamiento didáctico de los esgrafiados y de ornamentación escultórica o pictórica con elementos repetidos tiene un cierto carácter novedoso, lo que asegura un éxito didáctico. En parte se debe a que constituye una actividad diferente a la sesión de aula, rompiendo la dinámica predecible en ésta. PEDRINACI *et al.* (1994) señalan acertadamente que las salidas fuera del centro docente siempre suelen ser bien acogidas por el alumnado, siendo atractivas y fomentando la curiosidad, lo cual debe aprovecharse para el desarrollo de contenidos.

Por otro lado, para niveles universitarios, los elementos existentes fuera del centro docente y su aplicación didáctica pueden emplearse como herramientas para el trabajo autónomo del alumnado, profundizando en el estudio de los elementos en cuestión. De esta manera, se ofrece un recurso para la adaptación de las titulaciones al Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES) de acuerdo al plan Bolonia.

La ciudad de Salamanca tiene como roca de construcción y ornamentación de fachadas más habitual la Arenisca de Villamayor (Golden Sandstone). En algunos casos, la desnudez de la fachada se ha decorado con elementos que se repiten regularmente por toda ella, como es el caso de la Casa de las Conchas (calle Compañía) o del techo del umbral de la puerta de la iglesia de San Esteban (junto al convento de los PP. Dominicos). Por otro lado, existen edificios más modernos en los que la fachada presenta esgrafiados o una decoración pictórica con figuras geométricas o dibujos con mayor o menor complejidad,

pero cuya característica común es la repetición en una o dos direcciones que se asemeja a los esgrafiados descritos. Estos dibujos pueden ocupar toda la fachada o sólo algunos espacios dentro de ésta, como son los laterales de la misma, entornos de ventanas, columnas... tratándose, en estos casos, de frisos. Otros ejemplos de elementos decorativos con motivos repetidos y que no forman parte de la fachada se encuentran en el interior de la Casa de las Conchas, donde en el techo de la escalera que asciende a la primera planta se observa un bello artesonado con figuras regulares, así como en las balaustradas de esta primera planta. Cabe destacar también el techo de la biblioteca del edificio de la Universidad de Salamanca y el interior de otros tantos edificios históricos repartidos por la ciudad. La ornamentación pictórica en algunos edificios de la ciudad de Salamanca, en contraste con la abundante ornamentación escultórica, se puede considerar una variación del esgrafiado s.s.

OBJETIVOS

Se pretende hacer un estudio de la simetría uni- y bidimensional de determinados elementos decorativos en algunos edificios históricos de Salamanca, identificando los grupos espaciales existentes y utilizando la información para confeccionar una aplicación didáctica para la enseñanza de la Cristalografía.

Objetivos y competencias:

- Comprender y saber utilizar los conceptos de periodicidad, simetría puntual y espacial.
- Desarrollar la capacidad de reconocer la repetición periódica y ordenada en elementos ornamentales e identificar elementos de simetría como puntos de rotación y líneas de simetría en figuras ornamentales.
- Ser capaces de reconocer grupos espaciales en la ornamentación de edificios.
- Fomentar la capacidad de análisis y observación.
- Adquirir destreza para orientarse en un entorno urbano.
- Desarrollar la habilidad para dibujar.

Va dirigido a estudiantes de Grado en Geología, Ciencias Ambientales, Farmacia, Matemáticas o cualquier otra disciplina en la que estén presentes los contenidos de Geología o Matemáticas o de Mineralogía o Cristalografía en particular. Y fuera de la enseñanza universitaria, también a estudiantes de Bachillerato, debiendo adaptar el profesor el contenido al nivel y materia correspondiente. Asimismo, puede servir como material de trabajo autónomo para los alumnos de los diferentes Grados como adaptación al EEES.

En las actividades propuestas, el objeto es familiarizar al alumno con las construcciones cristalográficas, en este caso en el plano, y con conceptos específicos, como es el de simetría. En todos los casos, se pretende establecer una comprensión mínima de los conceptos como antesala o preámbulo a conceptos y estructuras más complejas, como es el caso de la construcción o repetición tridimensional.

Como criterio de evaluación se tendrá en cuenta el reconocimiento de los elementos de simetría o grupos espaciales por parte de los alumnos mediante su representación y dibujo esquematizado en el correspondiente cuaderno de campo o documento confeccionado al efecto. De la misma manera, cabe la posibilidad de que los alumnos presenten lo observado en un portafolios o en aplicación informática con galería de fotos y con los elementos identificados.

En el presente estudio, se hablara genéricamente de “elementos de ornamentación” al hacer referencia a los esgrafiados y a la decoración pictórica y escultórica.

CONTENIDOS

Dada la complejidad que supone la visualización mental de los elementos y operaciones matemáticas relacionadas con los contenidos de Cristalografía, así como el escaso, reducido o, en algún caso, nulo reflejo de la Cristalografía en los currículos de las materias de Ciencias en enseñanzas medias y como contenido de las asignaturas relacionadas con esta área en las titulaciones universitarias, se estima conveniente hacer una sucinta revisión de los contenidos teóricos sobre Cristalografía y operaciones matemáticas implicadas en el presente estudio.

La simetría es el conjunto de todos los movimientos que hacen que una figura sea idéntica a sí misma. Cada uno de estos movimientos es una operación de simetría que se caracteriza porque deja como mínimo un punto invariante de la figura y que se denomina operación puntual de simetría. El conjunto de las operaciones de simetría puntual existentes en la figura (rotaciones y reflexiones) se denomina grupo de simetría puntual, poseyendo estructura de grupo matemático. Este tipo de figuras planas bidimensionales se denominan figuras finitas. Las figuras que se generan a partir de un motivo que se repite indefinidamente y a distancias constantes en una o dos dimensiones se denominan figuras periódicas infinitas. Entra, por tanto, en juego una nueva operación de simetría, la traslación o simetría trivial, que no es puntual, ya que a todo punto del espacio le hace corresponder otro punto diferente. La repetición de ese motivo a distancias fijas y periódicas a lo largo de una dirección genera figuras de tipo bandas que por semejanza con el elemento arquitectónico se denominan frisos. De la misma manera, la repetición del motivo en dos direcciones origina teselados que cubren la totalidad del

plano y que se les llama también, por analogía con el elemento arquitectónico, mosaicos. La operación de simetría también da lugar a otro tipo de operaciones, como son las operaciones de simetría espacial, siendo la reflexión con deslizamiento la característica que se puede observar en las citadas figuras periódicas infinitas (frisos y mosaicos). La combinación de todas las maneras posibles de las operaciones de simetría puntual, de las operaciones de simetría espacial y de las traslaciones (redes de Bravais) da lugar a los grupos espaciales de simetría que también tienen estructura de grupo matemático. En el plano, el número de redes de Bravais posibles son 5: oblicua, rectangular, rómbica, cuadrada y hexagonal.

Las figuras infinitas o periódicas unidimensionales (frisos) poseen las siguientes operaciones de simetría:

- Rotación de orden 2 (el motivo se repite 2 veces en un giro de 360°)
- Reflexión axial
- Reflexión perpendicular
- Reflexión con deslizamiento

Las combinaciones posibles de las operaciones de simetría citadas dan lugar a 7 posibilidades distintas que constituyen los 7 grupos espaciales unidimensionales o grupos de frisos. En la notación internacional se simbolizan por medio de un grupo de números y letras que indican las operaciones de simetría presentes en el siguiente orden: traslación (1), rotación (1 o 2), reflexión axial o perpendicular (m) y reflexión con deslizamiento (g). Los 7 grupos espaciales de frisos son: Grupo 11, Grupo 11m, Grupo 11g, Grupo 1m1, Grupo 12, Grupo 2mm, Grupo 2mg.

Por otro lado, las figuras periódicas bidimensionales (mosaicos) vienen definidas por cuatro operaciones de simetría:

- Traslación
- Rotaciones de orden 1, 2, 3, 4 y 6 (el motivo se repite 1, 2, 3, 4 o 6 veces en un giro de 360° , respectivamente)
- Reflexión
- Reflexión con deslizamiento

La combinación de las operaciones de simetría anteriormente comentadas con las redes planas ofrece 17 posibilidades diferentes que forman los 17 grupos espaciales bidimensionales o grupos de mosaicos. La notación, al igual que en los frisos, indica las operaciones de simetría presentes así como el tipo de celda unidad (primitiva, p, o centrada, c), rotaciones existentes (de orden 1, 2, 3, 4 y 6), reflexiones (m) y reflexiones con deslizamiento (g). Los 17 posibles grupos espaciales bidimensionales son: p1, p211, p3, p4, p6, p1m1, p1g1, p2mm, p2gg, p2mg, p4mm, p4gm, p6mm, p3m1, p31m, c1m1, c2mm.

METODOLOGÍA

Se han seleccionado los elementos de ornamentación como son las fachadas de los edificios y el interior de la Casa de las Conchas y que tengan libre entrada en horario comercial dada su función, por ejemplo, como biblioteca pública. La selección es una muestra de edificios agrupados en torno al centro histórico de la ciudad o en zonas inmediatamente contiguas a él. En total se han considerado 10 edificaciones (fig. 1).

Una vez identificados los grupos espaciales existentes en los monumentos, se diseñaron actividades para que los alumnos conocieran las características cristalográficas unidimensionales y bidimensionales en el conjunto seleccionado y las técnicas para su determinación o estudio.

Se distinguen aquellos elementos cuya repetición es unidimensional (frisos) de los que se presentan repetidos bidimensionalmente (mosaicos). Con todos ellos se trabajó visualmente determinando el motivo o motivos observados en cada edificación y los grupos espaciales identificados. Los alumnos deben recoger la información en un cuaderno de campo realizando un dibujo de cada elemento estudiado.

El tiempo de visita en cada elemento ornamental seleccionado puede ser variable, dependiendo del número total de elementos que se desean visitar y del tiempo total disponible, así como del objetivo propuesto por el profesor. A modo de orientación, en cada elemento ornamental seleccionado se pueden emplear entre 20 y 40 minutos.

RESULTADOS

GRUPOS ESPACIALES IDENTIFICADOS

Frisos

Se suelen emplear para decorar el entorno de ventanas, escaleras, cenefas, etc. En los 10 edificios estudiados, en alguno de ellos con más de un elemento ornamental, se reconocen 19 elementos unidimensionales o frisos y de los 7 posibles grupos, se han identificado 5 grupos espaciales: 11, 2mm, 1m1, 2mg y 12. Entre ellos, los grupos espaciales más abundantes son el grupo 1m1 (fig. 2), representado con un 42% sobre el total de los frisos reconocidos, y el grupo 2mm (fig. 3), representado con un 32%. Los grupos 2mg (fig. 4) y 11 (figs. 5 y 6) se han reconocido en un discreto 10% cada uno del total de los elementos estudiados. Por último, el grupo 12 (figura 7) sólo representa un 5% del total de los elementos estudiados.



Figura 2. Grupo 1m1: Friso bajo cornisa. Calle del Clavel.



Figura 3. Grupo 2mm: Balconada del patio interior de la Casa de las Conchas, calle Compañía.

Mosaicos

Se encuentran en el artesanado de fachadas, paredes o techos, incluyendo también los elementos escultóricos. En los 10 edificios visitados se reconocieron 13 elementos bidimensionales en los que sólo se han identificado 5 grupos espaciales bidimensionales de los 17 posibles grupos que matemáticamente se pueden definir: Cmm, P4mm, Cm, Pmm y P6mm.

Entre ellos, el grupo más común y que claramente destaca es el Cmm (fig. 8), estando representado con un 40% entre los 13 mosaicos reconocidos. Los otros grupos espaciales con representación considerable son el P4mm



Figura 4. Grupo 2mg: Ladrillos sobresaliendo bajo las tejas y sobre arenisca. Plaza de San Boal.



Figura 5. Friso horizontal parcialmente en penumbra bajo techado (Grupo 11). Plaza de Sexmeros.

(fig. 9) con un 31% respecto al total de mosaicos y el grupo Cm (fig. 10) con una representación del 15%. El resto de grupos se encuentran representados en porcentajes similares entre ellos. Los grupos Pmm (fig. 11) y P6mm (fig. 12) se encuentran con un 7% cada uno respecto del total de mosaicos.

INFORMACIÓN OBTENIDA

Frisos

Los 5 grupos espaciales identificados se han reconocido en 19 elementos ornamentales en los 10 edificios visitados, reflejando en la tabla 1 la información referente a los frisos.

TABLA 1. RELACIÓN DE FRISOS IDENTIFICADOS

N.º EN FIGURA 1	CALLE O DIRECCIÓN	EDIFICIO	FRISO
1	Calle de Compañía	– Balaustradas de Casa de las Conchas – Balaustradas de Casa de las Conchas – Borde tejado en patio de la Casa de las Conchas – Planta baja en Casa de las Conchas. Ornamento sobre puerta de madera	12 2mm 1m1 2mg
3	Calle de Tavira, 9	Vivienda	11 1m1
6	Plaza de Sexmeros	Fachada de la Cámara de Comercio	2mm 11
7	Calle del Clavel	3 motivos diferentes en establecimientos hosteleros, bajo cornisa	1m1 1m1 1m1
8	Plaza del Liceo	– Balconadas en vivienda – 3 motivos en fachada y borde de ventanas	2mm 1m1 1m1 1m1
9	Plaza de San Boal	– Edificio público. Casa del Japón – Ladrillos bajo cornisa y sobre ventana en antigua Escuela Empresariales – Fachada antigua E. Empresariales – Tejas invertidas bajo cornisa. E. Empr.	2mm 2mg 1m1 1m1

Mosaicos

Se han localizado 13 elementos ornamentales bidimensionales en los que se han reconocido 5 grupos espaciales indicando en la tabla 2 su localización:

TABLA 2. MOSAICOS IDENTIFICADOS

N.º EN FIGURA 1	CALLE O DIRECCIÓN	EDIFICIO	MOSAICO
1	Calle de la Rúa	Fachada de Casa de las Conchas	Cm
	Calle de Compañía	Interior de Casa de las Conchas. Techo escalera Casa de las Conchas. Enrejado puerta de madera Balaustrada de Casa de las Conchas	P4mm P4mm P6mm
2	Esquina de c/ Serranos con c/ Libreros	Vivienda	Cmm
4	Calle Arcediano, n.º 8	Vivienda	Cm
5	Iglesia de San Esteban-Dominicos	Artesonado en techo de umbral de entrada	P4mm
6	Plaza de Sexmeros	Cámara de Comercio	Cmm
7	Calle del Clavel	Establecimientos hosteleros	Cmm Pmm
9	Plaza de San Boal	Edificios públicos. Casa del Japón Antigua Escuela de Empresariales	Cmm Cmm
10	Paseo Canalejas, n.º 37	Vivienda	P4mm



Figura 6. Grupo 11: Friso horizontal entre las dos ventanas. Calle de Tavira, n.º 9.



Figura 7. Grupo 12: Friso horizontal en balconada de patio interior de la Casa de las Conchas.



Figura 8. Grupo Cmm: Mosaico en fachada de la Cámara de Comercio. Plaza de Sexmeros.

Los distintos porcentajes de representación con unos grupos espaciales claramente dominantes frente a otros tanto en frisos como en mosaicos pueden deberse a la propia complejidad inherente al diseño, abundando los diseños más sencillos, así como a la facilidad de construcción. La dispar representación de los grupos espaciales en frisos y mosaicos se puede aprovechar convenientemente para la enseñanza de la Cristalografía y Geometría. Por una parte, los grupos más abundantes brindan más posibilidades de visita al localizarse más fácilmente y en puntos más agrupados. Por otra parte, los menos abundantes y que, algunos de ellos tienen un carácter circunstancial, sirven como ejemplo de grupos espaciales de mayor complejidad y más insólitos, con mayor dificultad para encontrar, pero que, por este motivo, les aporta un cierto interés didáctico.

APLICACIÓN DIDÁCTICA

Se proponen actividades con carácter genérico, correspondiendo al profesor adaptarlas al nivel correspondiente (Bachillerato o distintas titulaciones de Universidad) y organizando las sesiones previas preparatorias en el centro educativo o en el aula.

Se considera, a priori, un número no superior a 15 alumnos (20 excepcionalmente). Las actividades propuestas son válidas para todas las paradas, por lo que se especificarán en primer lugar las actividades y posteriormente, las paradas sugeridas. Sería útil proporcionar a los alumnos un mapa sencillo de la ciudad y, si es posible, una brújula.

Para que el aprendizaje sea más sólido y significativo, las actividades van aumentando de complejidad (desde el punto de vista de contenidos cristalográficos). Las actividades propuestas son:

- Elaborar un plano o mapa con el itinerario seguido.

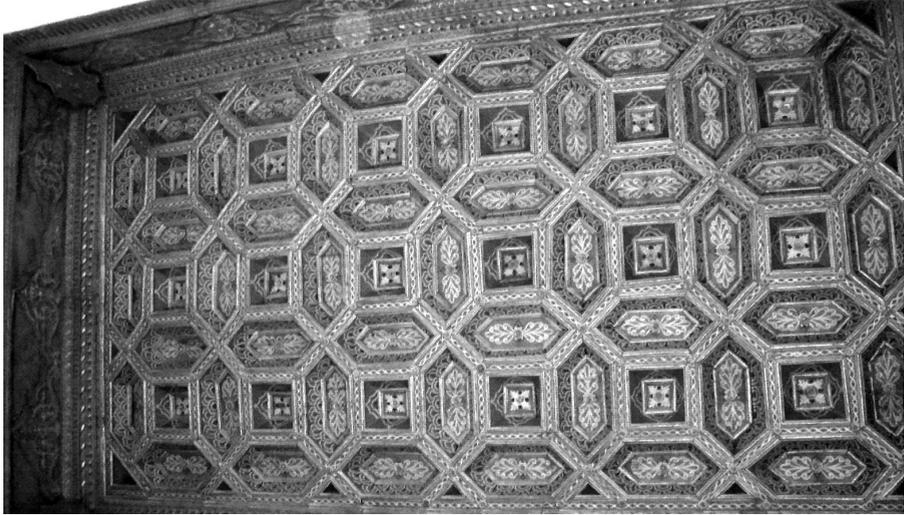


Figura 9. Grupo $P4mm$: Mosaico en umbral de la iglesia de San Esteban.



Figura 10. Grupo Cm : Mosaico en fachada de la Casa de las Conchas. Calle de la Rúa.

- Realizar un dibujo o boceto de la fachada donde se localiza el elemento a estudiar (friso o mosaico).
- Reconocer la figura que se repite (motivo) y dibujarla.
- Señalar la dirección de repetición del motivo y su resultado final (friso o mosaico).
- Determinar la red asociada a ese motivo repetitivo (primitiva o centrada).
- Señalar el tipo de celdilla unidad y sus parámetros característicos (a , b , α).
- Determinar los elementos de simetría presentes en la red.
- Identificar el grupo puntual y espacial de simetría.
- Señalar las diferencias con otros esgrafiados.

ITINERARIO DIDÁCTICO PROPUESTO

Se propone un itinerario para la enseñanza de la Cristalografía, si bien puede ser modificado de acuerdo a los intereses del profesor, alternando las paradas o suprimiendo alguna para adaptarse al tiempo disponible. Comienza en los lugares con mayor variedad de grupos espaciales de entre los edificios estudiados. En cada parada se señalan los frisos y mosaicos más destacables. El número de orden corresponde con el número marcado en la Figura 1:

1. Casa de las Conchas. Exterior: Mosaico Cm en fachada. Interior: Mosaico P4mm en el artesonado del techo de escalera y P6 mm en balaustrada, frisos 12 y 2 mm en balaustrada, 1m1 en el borde del tejado del patio y 2 mg en parte superior de puerta de madera en patio de planta baja.
2. Calle de Serranos esquina con calle de los Libreros: Mosaico: Cmm en fachada de vivienda.
3. Calle de Tavira n.º 9: Frisos: 11 en franja horizontal entre las dos ventanas y 1m1 en franja horizontal sobre ventana superior.
4. Calle de Arcediano n.º 8: Mosaico: Cm.
5. Iglesia de San Esteban: Mosaico: P4mm en umbral de entrada al templo.
6. Plaza de Sexmeros: Fachada de la Cámara de Comercio: Frisos: 2 mm y 11, mosaico: Cmm.
7. Calle del Clavel: Establecimientos hosteleros: Frisos: 1m1 y mosaicos Cmm y Pmm.
8. Plaza del Liceo: Balconada encima de establecimiento comercial textil: Friso: 2mm y 1m1.

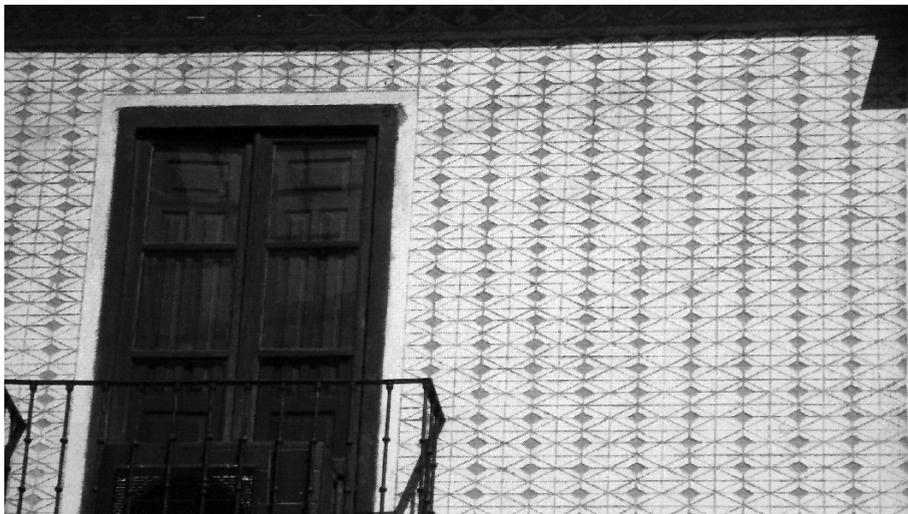


Figura 11. Grupo Pmm: Mosaico en fachada de establecimiento hostelero. Calle del Clavel.

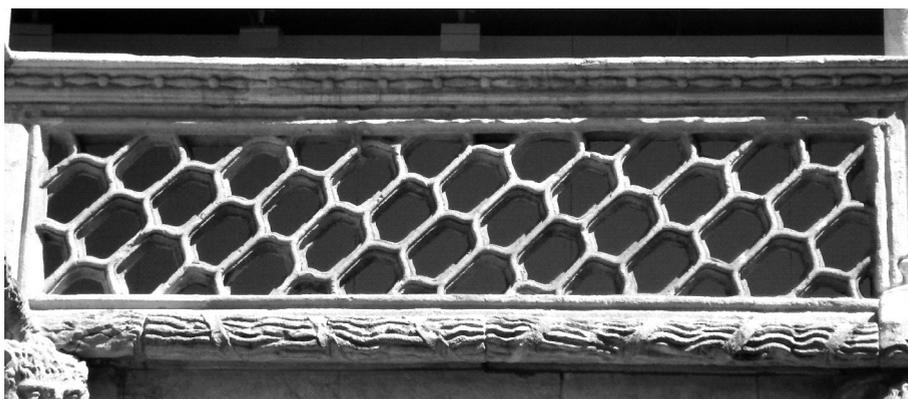


Figura 12. Grupo P6mm: Balastrada en interior de la Casa de las Conchas. Calle Compañía.

9. Plaza de San Boal: Casa del Japón y edificios aledaños (antigua Escuela de Estudios Empresariales): Friso: 2mm y 2mg en el contorno de ventanas y bajo techado y 1m1 en fachada, mosaico: Cmm en fachada.
10. Paseo de Canalejas n.º 37: Mosaico: P4mm en fachada de vivienda.

CONCLUSIONES

En la ciudad de Salamanca se han reconocido elementos ornamentales o pictóricos que forman parte de la decoración de fachadas e interiores de edificios históricos de la ciudad y que presentan unas características geométricas peculiares. Estas características geométricas consisten en la repetición de manera ordenada y siguiendo un patrón matemático de motivos, figuras o dibujos que generan mosaicos, si la repetición es en dos dimensiones o cenefas o frisos si sólo es en una dirección. Se ha llevado a cabo un estudio de algunos de ellos identificando elementos de simetría y características geométricas, motivo o dibujo que se repite y el resultado geométrico de la repetición. Los elementos ornamentales se encuentran en fachadas, umbrales, dinteles, laterales y bordes de ventanas y balaustradas en patios de algunos edificios.

El objeto de estudio es una propuesta didáctica para la enseñanza de la Cristalografía y que sirva de base conceptual para el estudio de la materia cristalina y los minerales. El estudio presenta los grupos puntuales y espaciales 1D y 2D identificados en 10 edificios visitados, así como actividades para desarrollar por parte de los alumnos en un recorrido por los mismos. La comprensión de la repetición en dos dimensiones de un motivo puede paliar el problema que supone prescindir de la tercera dimensión cuando se está abordando el concepto de materia cristalina. Los edificios estudiados se encuentran en el casco histórico o límite del mismo de la ciudad de Salamanca. Se seleccionaron cumpliendo el criterio de agrupamiento con el fin de evitar desplazamientos excesivamente largos para sesiones fuera del aula.

En los diez edificios se han reconocido 19 frisos o figuras unidimensionales y 13 mosaicos o dibujos bidimensionales. En el primer caso, se identifican 5 grupos espaciales de los 7 matemáticamente posibles, siendo los grupos 1m1 y 2mm los más comunes. En los mosaicos se identifican 5 grupos espaciales de los 17 posibles matemáticamente, siendo los grupos Cmm y P4mm los más comunes.

Con la situación y características de los elementos ornamentales se han diseñado actividades didácticas que los alumnos aplicarán cuando visiten el edificio en grupo dirigidos por el profesor o individualmente, formando parte del trabajo autónomo del alumno, respondiendo a la aplicación o puesta en práctica y autoevaluación de los contenidos teóricos desarrollados en clase o en el aula. Básicamente, consisten en representar el elemento ornamental

observado e identificación de los diferentes elementos geométricos (motivo, líneas de simetría, puntos de rotación, ángulos...).

El estudio puede servir a los profesores de materias relacionadas con la Geología, con las Ciencias de la Tierra o con cualquier titulación relacionada con éstas (Farmacia, Ciencias Ambientales) o también Matemáticas, estando en condiciones de aplicar los contenidos teóricos respecto a repetición de motivos uni- o bidimensionalmente.

BIBLIOGRAFÍA

- DELGADO, J. y MEDINA, J. (2004): *Propiedades de simetría de figuras uni y bidimensionales en los esgrafiados de los monumentos de Segovia: aplicación didáctica. Documentos del XIII simposio sobre Enseñanza de la Geología*, 91-96. Universidad de Alicante-AEPECT. ISBN: 84-86980-08-9.
- FENOLL HACH-ALÍ, P. y LÓPEZ GALINDO, A. (2003): *Simetría de la Alhambra. Ciencia, belleza e intuición*. Universidad de Granada, 70 pp.
- RULL, F. (1987): *Estudio de las propiedades de simetría de los bordados y encajes de Castilla y León*. ICE Universidad de Valladolid, 36 pp.
- PEDRINACI, E.; SEQUEIROS, L. y GARCÍA DE LA TORRE, E. (1994): El trabajo de campo y el aprendizaje de la Geología. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2: 37-45.