

Arte y matemáticas en el aula

Ángel Pastor Martín

SUMA núm. 103
pp. 29-41

Artículo recibido en *Suma* en junio de 2021 y aceptado en septiembre de 2021

Las Matemáticas constituyen una materia instrumental que, como tal, está perfectamente incorporada en diversas asignaturas, como Física, Economía y Dibujo Técnico. El presente proyecto intentará relacionar y asociar los contenidos matemáticos con los propios de otras asignaturas, introduciéndolos en el aula de Matemáticas y trabajando en coordinación con el profesorado de otros departamentos.

Palabras clave: Geometría, Artes, Transversal, Enseñanza Secundaria, Música, Plástica.

Día a día observamos que nos resulta difícil introducir en las clases de Matemáticas las diversas materias que se cursan en la enseñanza secundaria, a pesar de que en el currículo de la asignatura están incluidas la transversalidad y la interacción de las matemáticas con ellas.

¿A qué se puede deber esta dificultad? En buena medida, a que nuestra mayor preocupación es terminar el temario en cada curso. Y, a veces, no sabemos

Art and Mathematics in the classroom // Mathematics constitutes an instrumental area that is perfectly incorporated in other subjects, such as Physics, Economics and Technical Drawing. This project aims to connect and combine the mathematical content with that of other subjects by introducing them in the mathematics classroom and working in coordination with the teaching staff from other departments.

Keywords: Geometry, Arts, Transverse, Secondary Education, Music, Plastic.

contestar con toda la claridad y contundencia necesarias las frecuentes preguntas de nuestros alumnos: *¿Para qué sirven las Matemáticas?, ¿qué matemáticas hay en las calle?, ¿cuándo voy a utilizar yo esto?...*

El proyecto que quiero comentar ha sido presentado y reconocido en el concurso organizado por el CEMAT, en la convocatoria del Día Internacional de las Matemáticas del año 2021 y se puede encontrar en la URL: <<http://idm314.es/wp->

content/uploads/2021/03/Materiales-y-Recur-
sos-Angel-Pastor-Angel-Pastor-Martin.pdf>.

A continuación expondré brevemente el proyecto, que podemos encontrar con mayor detalle en la citada URL, desarrollando la metodología y comentando la experiencia docente; experiencia que me hubiera gustado poner en práctica durante el curso 2019-2020, pero el confinamiento lo hizo imposible. Durante el curso 2020-2021, por fin, lo hemos podido llevar al aula, con precaución y algunos recortes sobre la idea original, motivados por las medidas de prudencia que se llevaron a cabo en todos los centros de enseñanza del país, incluido el instituto donde trabajo.

El curso idóneo para realizar este trabajo es 3.º ESO y, dentro de este curso, el bloque de geometría y las asignaturas con las que se interactuará son Música, Tecnología y Educación Plástica Visual y Audiovisual.

En Castilla y León todos los alumnos han cursado las asignaturas anteriores en 1.º o 2.º ESO. Además, los alumnos deben elegir dos en 3.º ESO, por lo que hay una asignatura que no están cursando cuando realicemos el proyecto. Esto no debe ser un obstáculo, pues los conceptos específicos de dichas asignaturas se adaptarán si fuera necesario para conseguir un perfecto seguimiento de la asignatura. Por otra parte, hay que tener en cuenta que lo previsible será encontrarnos en clase con un alumnado heterogéneo, que cursará distintas combinaciones de las tres asignaturas optionales.

En ningún caso se pretende con este proyecto abrir totalmente los ojos de nuestro alumnado en lo que se refiere a la percepción matemática del mundo, pero sí esperamos encender una pequeña luz para que sepan encontrar una parte de matemáticas en las diversas artes, además de indicarles el camino para que vean en las matemáticas algo más que el currículo que les impartimos en la enseñanza reglada (primaria, secundaria e incluso universitaria más adelante).

Movimientos en el plano

Ante todo es necesario entender que las matemáticas son un arte. La diferencia entre las matemáticas y el resto de las artes, como la música y la pintura, es que nuestra cultura no la reconoce como tal.

Paul Lockhart¹

METODOLOGÍA

Esta unidad se llevará a cabo en colaboración con el departamento de Música. Estudiaremos algunas partituras musicales en las que se aprecian los tres movimientos que debemos estudiar:

- Giros
- Simetrías
- Traslaciones

En la primera sesión se aportarán conceptos sobre la teoría y algunos elementos que utilizaremos: eje de simetría, vector o ángulo de giro.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<ul style="list-style-type: none"> – Movimientos del Plano: <ul style="list-style-type: none"> Traslaciones Giros Simetrías – Elementos dobles o invariantes – Reconocimiento de los movimientos y valoración de su belleza en el arte y la naturaleza 	<ul style="list-style-type: none"> – Reconocer las transformaciones que llevan de una figura a otra mediante movimientos en el plano – Aplicar dichos movimientos y analizar diseños cotidianos, obras de arte y configuraciones presentes en la naturaleza – Identificar centros, ejes y planos de simetría de figuras planas 	<ul style="list-style-type: none"> – Identifica los elementos más característicos de los movimientos en el plano presentes en la naturaleza, en diseños cotidianos u obras de arte – Genera creaciones propias mediante la composición de movimientos, empleando herramientas tecnológicas cuando sea necesario – Identifica centros, ejes y planos de simetría en figuras planas y en el arte

Tabla 1. Elementos curriculares para Movimientos en el plano

Las sesiones siguientes se dedicarán a explicaciones y ejercicios sobre partituras de obras más o menos conocidas en las que el compositor utiliza alguno de los tres movimientos citados anteriormente.

Las últimas sesiones las utilizaremos para la creación por parte del alumnado de frases musicales que sean ejemplo de los diferentes movimientos estudiados; este trabajo se puede realizar en el aula de informática, trabajando con algún programa de edición de partituras, o también en clase, con partituras manuscritas.

En el aula de música se mejoran las «composiciones» realizadas o se crean otras nuevas. También se ejecuta la música realizada con los instrumentos que el profesorado crea conveniente.

Giros

Esta pieza (figura 1) es invariante con un giro de 180°. Comprobamos que se puede interpretar según está girando la partitura 180° y el resultado musical será idéntico.



Figura 1. <<https://ztfnews.eus/2013/09/18/>>

Mozart escribió el «Dúo del espejo», una pieza para dos violinistas que tocan la misma partitura mirándola uno «al derecho» y el otro «al revés». La situación descrita produce un efecto curioso, con los dos músicos enfrentados y moviendo los brazos y las manos a la vez (figura 2).

Simetrías

El siguiente fragmento pertenece a la sinfonía 47 de Haydn y en él se puede observar una simetría respecto del eje vertical. El nombre de la sinfonía es el palíndromo², en ella todo el tercer movimiento está compuesto por frases musicales y cada una de ellas es un palíndromo (figura 3).

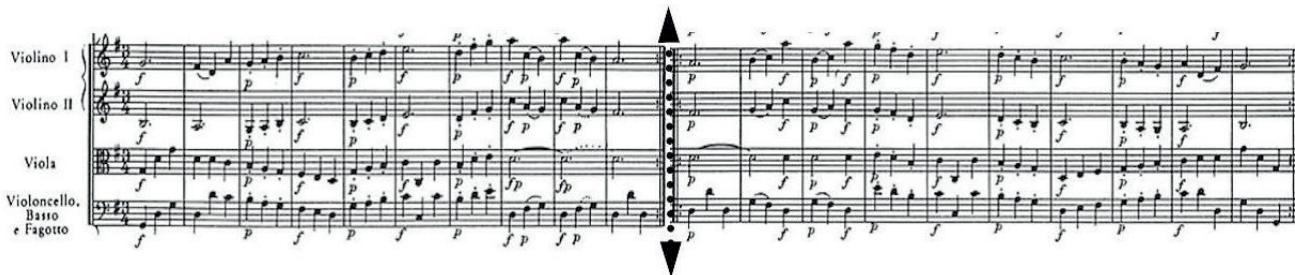
Traslaciones

Un ejemplo de traslación es el famoso canon de Pachelbel (1653- 1703) (figura 4).

Tras comentar las características geométricas de cada partitura, es conveniente escucharlas en un audio o verlas en un vídeo.



Figura 2. Imagen diseñada por Jesús Pastor

Figura 3. <<https://musopen.org/es/music/5434-symphony-no-47-in-g-major-hob-i47/>>Figura 4. <https://es.wikipedia.org/wiki/Canon_en_re_mayor_de_Pachelbel>

Figuras planas

Un matemático, como un pintor o un poeta, es un creador de patrones. Si sus patrones son más permanentes que los de otros artistas, es porque están hechos de ideas.

G.H. Hardy

METODOLOGÍA

Esta unidad se llevará a cabo en colaboración con el departamento de Educación Plástica y Visual.

En la primera sesión podemos introducir el estílo pictórico sobre el que vamos a trabajar e imitar

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<ul style="list-style-type: none"> - Geometría del plano. Mediatriz, bisectriz, circunferencia. - Teorema de Tales. División de un segmento en partes proporcionales - Uso de herramientas tecnológicas para estudiar y construir formas, configuraciones y relaciones geométricas 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocer y describir los elementos y propiedades características de las figuras planas, los cuerpos geométricos elementales y sus configuraciones geométricas, y reconocerlos en la realidad - Utilizar el teorema de Tales y las fórmulas usuales para realizar medidas indirectas de elementos inaccesibles y para obtener las medidas de longitudes y áreas de los cuerpos elementales, de ejemplos tomados de la vida real - Representaciones artísticas como pintura o arquitectura, o de la resolución de problemas geométricos 	<ul style="list-style-type: none"> - Maneja las relaciones entre ángulos definidos por rectas que se cortan o por paralelas cortadas por una secante y resuelve problemas geométricos sencillos - Calcula el perímetro y el área de polígonos y de figuras circulares en problemas contextualizados aplicando fórmulas y técnicas adecuadas - Divide un segmento en partes proporcionales a otros dados y establece relaciones de proporcionalidad entre los elementos homólogos de dos polígonos semejantes - Reconoce triángulos semejantes y, en situaciones de semejanza, utiliza el teorema de Tales para el cálculo indirecto de longitudes en contextos diversos

Tabla 2. Elementos curriculares para Figuras planas

—la abstracción geométrica—, comentando su surgimiento en los años 20 del siglo pasado como reacción ante tendencias anteriores que intentan representar la realidad en tres dimensiones³.

Los autores de la abstracción geométrica exaltan las dos dimensiones, simplificando las formas hasta llegar a la más elemental (*Abstracción geométrica*: Wikipedia). También se hará una recopilación de toda la teoría que se va a trabajar en sesiones sucesivas y la forma de hacerlo mediante «cuadros geométricos», el teorema de Tales, los distintos polígonos con sus características, áreas y volúmenes...

En las sesiones siguientes trabajaremos la proporcionalidad, circunferencias, triángulos y polígonos en general a partir de cuadros de la etapa de la abstracción geométrica, que se localiza en la primera mitad del siglo xx.

Las últimas clases en las que trabajaremos esta unidad didáctica se realizarán en el aula de informática, en la que debemos disponer de un ordenador por cada alumno. La secuenciación será la siguiente:

- En la primera sesión habrá una toma de contacto con el programa GeoGebra, se explicarán algunas nociones básicas sobre la representación de puntos, segmentos, rectas, polígonos, circunferencias y colorear tanto perímetro como superficie de las diversas figuras.
- Los días siguientes cada alumno/a hará un trabajo en un archivo de GeoGebra que consistirá en la «creación» de un cuadro de abstracción geométrica, en dicho cuadro tendrán que aparecer algunos de los aspectos geométricos estudiados en la unidad.

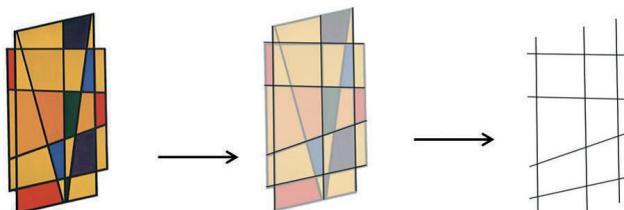


Figura 5. <<https://www.march.es/arte/madrid/exposiciones/america/los-artistas.aspx>>

—En el aula de Educación Plástica se puede explicar ya, por especialistas en el tema, las formas, los colores y sus combinaciones para mejorar el trabajo. También sería conveniente repetir las obras que hemos realizado en GeoGebra, ahora con los materiales que el profesorado crea conveniente y oportuno.

TEOREMA DE TALES

Para la presentación del teorema de Tales podemos apoyarnos en el cuadro de la figura 5.

TEOREMA DE PITÁGORAS

Está representado muchas veces y desde distintos puntos de vista por autores de diversos estilos pictóricos, casi todos tienen en común que representan la terna pitagórica 3-4-5. La siguiente obra (figura 6) tiene de original que las superficies relacionadas con los lados, en lugar de cuadrados son círculos.

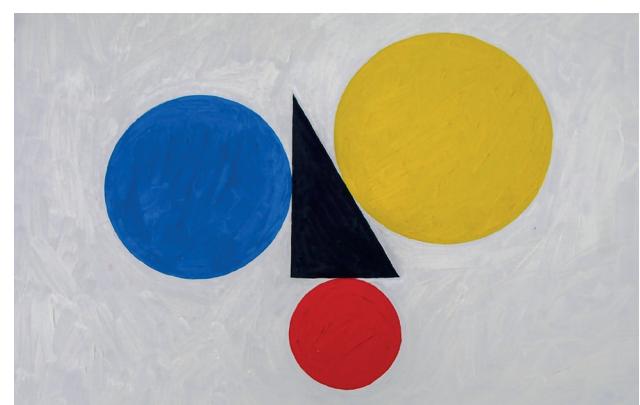


Figura 6. <<https://culturacientifica.com/2013/05/22/cultura-pitagorica-arte/>>



Figura 7. <<https://www.wikiart.org/es/nassos-daphnis/all-works#!#filterName:all-paintings-chronologically, resultType:masonry>>

TRIÁNGULOS, RECTÁNGULOS Y POLÍGONOS REGULARES

Se pueden trabajar a partir de las obras de las figuras 7, 8 y 9.

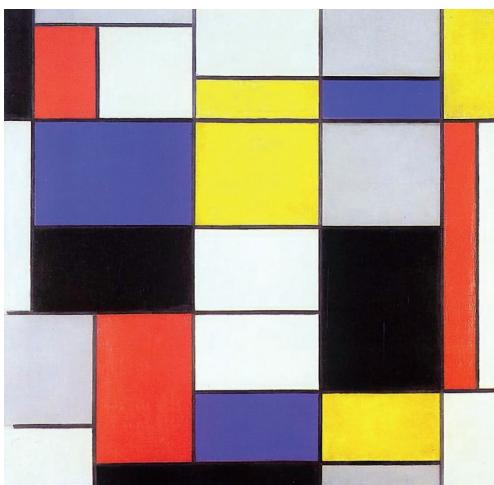


Figura 8. <<https://www.wikiart.org/es/piet-mondrian-all-works#!#filterName:all-paintings-chronologically, resultType:masonry>>



Figura 9. <<https://graffica.info/max-bill-obra-de-arte-multiplicadas-como-originales/>>



Figura 10. <<https://www.wikiart.org/es/robert-delaunay>>

CÍRCULOS Y CIRCUNFERENCIAS

Robert Delaunay tiene varias obras apropiadas. En este caso elegimos «Rythm», pintura en la que aparecen circunferencias variadas y casi cualquier elemento que queramos estudiar de un círculo o de una circunferencia.

Reduciendo el cuadro a estas cinco circunferencias, tenemos circunferencias concéntricas, interiores, exteriores, tangentes interiores, tangentes exteriores y secantes, incluso coronas circulares.

Cuerpos geométricos

No intentes convencer a un niño de que las matemáticas están presentes en su vida, muéstrale la vida y que él descubra las matemáticas.

Francisco Martínez⁴

METODOLOGÍA

Esta unidad didáctica la realizaremos en coordinación con el Departamento de Tecnología. Secuenciaremos la actividad conforme al siguiente esquema:

- La primera sesión será de presentación del volumen, utilizando para ello imágenes, especialmente las que analizaremos en los días sucesivos. Con la ayuda de estas imágenes podremos hacer una introducción de los distintos poliedros y cuerpos curvos con ejemplos de construcciones diversas que hay repartidas por el mundo.
- En las siguientes sesiones estudiaremos el volumen de las distintas figuras que aparecen en el currículo de 3.º ESO, mostrando diversos ejemplos de obras arquitectónicas; en algunos casos, de monumentos conocidos. Analizaremos cada construcción, estudiaremos los cuerpos que aparecen en ella, calcularemos área y volumen y de algunos construiremos maquetas a escala.
- Las últimas clases en las que trabajaremos esta unidad didáctica serán en el aula de informática, en la que debemos disponer de un ordenador por cada alumno, se realizará un trabajo que consistirá en:

- Buscar construcciones en internet con alguna de las formas estudiadas, elegir una de ellas y diseñar un desarrollo plano a escala para construir la maqueta. Por ello es importante que podamos conocer las dimensiones reales de las construcciones elegidas.
- Además, se puede hacer un trabajo en un archivo de GeoGebra que consistirá en representar la construcción elegida anteriormente en tres dimensiones.
- En la clase de tecnología se realizará la misma construcción, a una escala apropiada, con los materiales que el profesorado de Tecnología crea conveniente (madera, metal o incluso con impresora 3D si el instituto dispusiera de ella y fuera posible su utilización).

Ortoedro

Estudiamos el ortoedro y los prismas rectos a partir de edificios con caras especialmente lisas y sin mucho adorno, para así centrarnos en el problema que nos ocupa.

Los edificios elegidos como ejemplo de estos cuerpos geométricos son: el edificio Duque de Lerma en Valladolid (figura 11) y la impresionante biblioteca de Stuttgart de forma cúbica (figura 12).

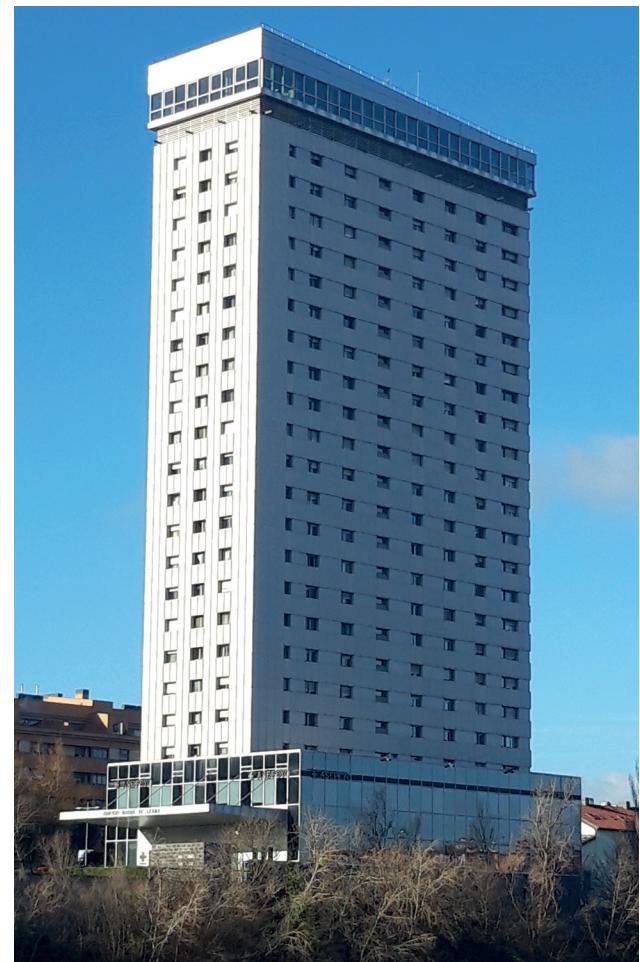


Figura 11

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<ul style="list-style-type: none"> – Uso de herramientas tecnológicas para estudiar y construir formas, configuraciones y relaciones geométricas – Geometría del espacio. Poliedros. Planos de simetría en los poliedros. Fórmula de Euler para los poliedros simples. Poliedros regulares, poliedros duales. Cilindro, cono, tronco de cono y esfera. Intersecciones de planos y esferas – Cálculo de áreas y volúmenes de cuerpos geométricos. Contextualización en la realidad 	<ul style="list-style-type: none"> – Reconocer y describir los elementos y propiedades características de los cuerpos geométricos elementales y sus configuraciones geométricas – Reconocerlos en la realidad – Identificar centros, ejes y planos de simetría de poliedros – Calcular las dimensiones reales de figuras, reconociendo la escala 	<ul style="list-style-type: none"> – Calcula el perímetro y el área de polígonos y de figuras circulares en problemas contextualizados aplicando fórmulas y técnicas adecuadas – Identifica los principales poliedros y cuerpos de revolución, utilizando el lenguaje con propiedad para referirse a los elementos principales – Calcula áreas y volúmenes de poliedros, cilindros, conos y esferas, y los aplica para resolver problemas contextualizados – Identifica centros, ejes y planos de simetría en figuras planas, poliedros y en la naturaleza, en el arte y construcciones humanas

Tabla 3. Elementos curriculares para Cuerpos geométricos

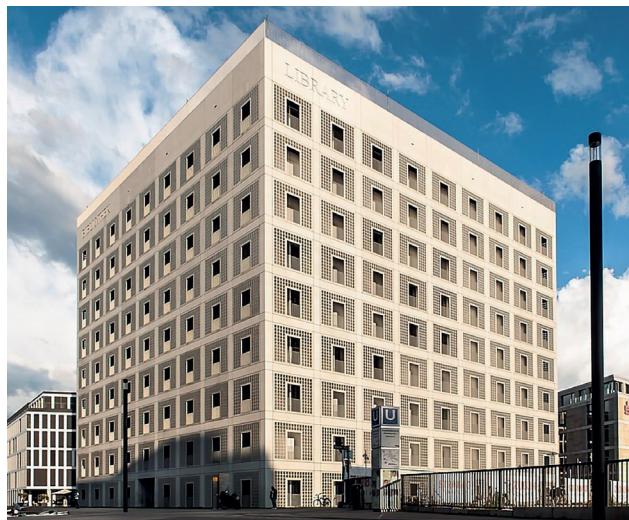


Figura 12. <https://en.wikipedia.org/wiki/Stadtbibliothek_Stuttgart#/media/File:StadtBibliothekStuttgart-pjt3-18.jpg>



Figura 13. <<https://lopezdoriga.com/vida-y-estilo/ha-muerto-ieoh-ming-pei-arquitecto-que-diseno-la-piramide-del-louvre/>>



Figura 14



Figura 15



Figura 16



Figura 17

Pirámides

En este apartado veremos diversas pirámides, compararemos sus dimensiones y sus proporciones para valorar si se pueden considerar pirámides semejantes o no (figura 13).

Esferas, cilindros y conos

Como muestra de estos cuerpos podemos elegir el Atomium de Bruselas, compuesto de esferas y cilindros (figura 14).

Poliedros oblicuos

Para introducir los poliedros oblicuos, tenemos un buen ejemplo en la plaza de Castilla de Madrid: las torres Kio (figura 15). Una de las primeras preguntas que nos vienen a la cabeza cuando las vemos es ¿por qué no se caen? Analizaremos el motivo de ello.

Composiciones compuestas

Para finalizar esta sección, traemos la estructura de prisma de base cuadrada con tejado piramidal y equivalente a éste, el cilindro con cono. En el primer caso (figura 16) la imagen es de un pináculo de la Fábrica de Moneda de Segovia, el segundo (figura 17) es un granero que podemos encontrar casi en cualquier punto de la geografía española.

Exposición pública del trabajo

El bloque de geometría se suele impartir al comienzo de la 3.^a evaluación, más o menos en el mes de abril; esta situación nos resulta muy apropiada pensando en el 12 de mayo, Día Escolar de las Matemáticas.

Intentaremos acabar el bloque unos días antes del 12 de mayo, para poder celebrar la conmemoración.

La celebración consistiría en dos exposiciones y un concierto (tabla 4).

Las dos exposiciones se exhibirían en el vestíbulo y todos los alumnos podrían participar con sus obras, pues las habremos realizado al menos en las clases de Matemáticas (también en las clases de Tecnología y de Educación Plástica, quienes cursen estas asignaturas).

En el concierto solamente participarían de forma activa los alumnos que tienen la asignatura de Música, pues es en sus clases donde se prepararía. El público para el concierto será todo el alumnado de 3.^º ESO y, si fuera posible por el aforo del salón de actos, sería conveniente que asistieran los alumnos de 2.^º ESO, para que vayan viendo y conociendo lo que les puede esperar en el curso siguiente.



Figura 18

Actividades		
1. ^º	Exposición	Cuadros realizados sobre la geometría plana.
2. ^º	Exposición	Maquetas a escala realizadas sobre el volumen.
3. ^º	Concierto	Composiciones realizadas por los alumnos, preparando esta audición durante las clases de música.

Tabla 4. Actividades para el Día Escolar de las Matemáticas

Experiencia en el aula

Este proyecto se ha realizado en el curso 2020-2021 en tres clases de 3.º ESO, dos de Matemáticas Académicas y una de Aplicadas. El curso ha sido muy especial debido a la epidemia vírica que estamos sufriendo y las limitaciones sufridas por las medidas de precaución tomadas. Entre otras limitaciones, en el IES. no hemos tenido aulas específicas de Música, Plástica ni Tecnología porque estas se han tenido que

utilizar como aulas de grupo. No insistiré sobre lo que quisimos y no pudimos hacer e intentaré limitarme a detallar lo que sí hicimos.

MOVIMIENTOS EN LAS PARTITURAS MUSICALES

Hemos realizado partituras, tanto manuscritas como con el programa *MuseScore*. Se observa una gran diferencia entre el alumnado que tiene conocimientos musicales externos —por el conservatorio o

giro

SIMETRÍA

traslación

Figura 19

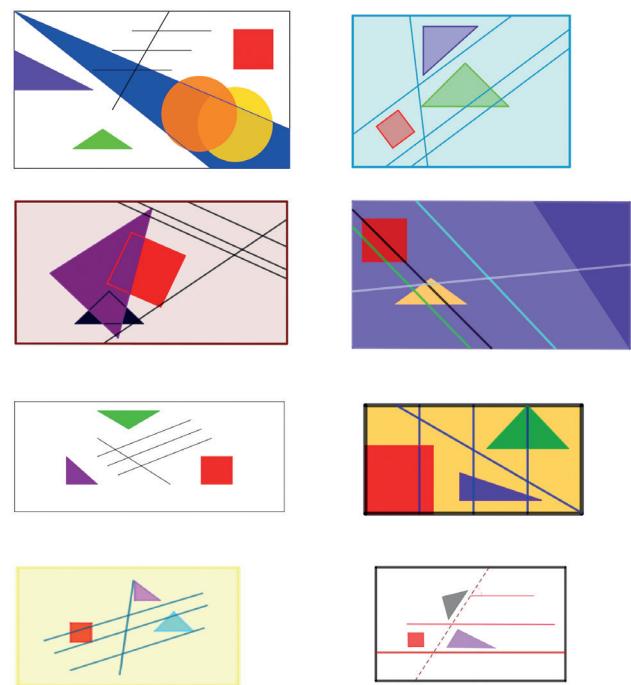


Figura 20

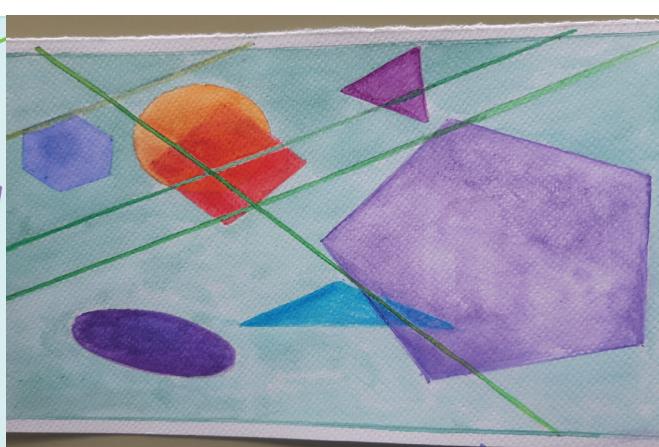
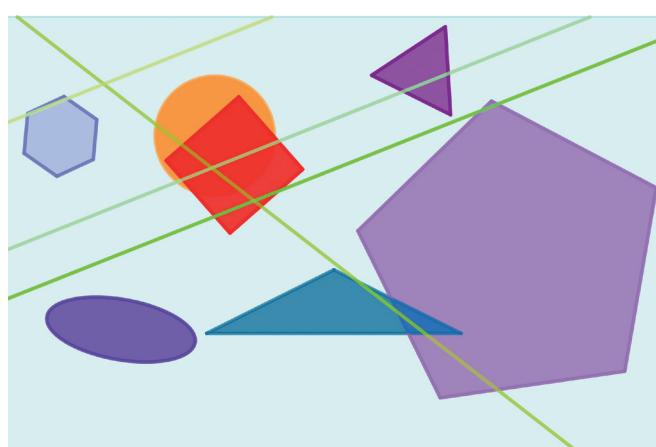


Figura 21

academias de música—, que intentaba crear composiciones agradables al oído. Quienes solamente tienen los conocimientos básicos aprendidos en el IES, se tenían que conformar con realizar ejercicios que cumplieran las normas matemáticas dadas relativas a giros, simetrías o traslaciones. En las figuras 18 y 19 vemos algunos ejemplos realizados por el alumnado a mano en el cuaderno, o en el ordenador con editor de partituras, de los tres movimientos estudiados.

Simultáneamente, en el aula de Música, aprendieron a utilizar el programa *Musescore* y realizaron también diversos ejercicios. Las circunstancias especiales debidas a la pandemia impidieron interpretar las partituras con algún instrumento.

GEOMETRÍA DEL PLANO EN LAS OBRAS PICTÓRICAS

Primero nos familiarizamos con el programa GeoGebra, que la mayoría del alumnado no conocía. Posteriormente hicimos un «cuadro» en GeoGebra, con unas ligeras normas sobre algún elemento que debía estar en el cuadro; y el resto, de libre interpretación.

Como ejemplo, uno de los ejercicios llevaba las siguientes indicaciones.

Tres rectas paralelas y otra recta oblicua a ellas, con un ángulo de 60° . Un cuadrado rojo. Un triángulo isósceles en el que el lado desigual sea el de mayor longitud. Un triángulo rectángulo de color morado.

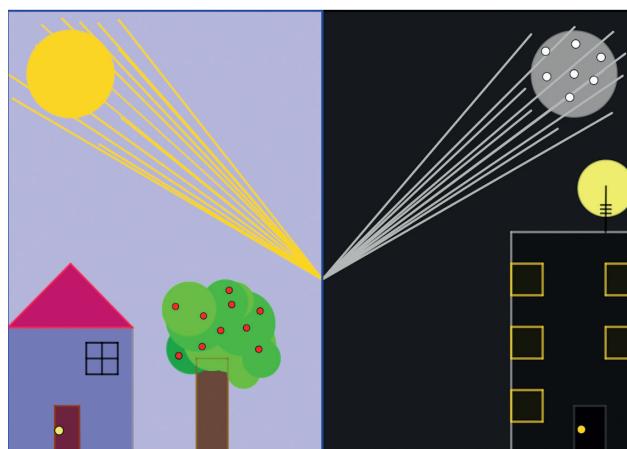


Figura 22

Algunos de los resultados se muestran en la figura 20.

En algunos casos, reprodujeron el mismo cuadro en la clase de Plástica, con resultados tan destacables como el de la figura 21.

También quiero exponer que hubo quien, trabajando por libre, presentó, sin respetar las indicaciones, pero mostrando gran creatividad, ejercicios tan curiosos como el que aparece en la figura 22.

GEOMETRÍA EN EL ESPACIO Y ARQUITECTURA

El trabajo final que se realizó fue la construcción de varios edificios, realizados a escala, distribuyendo el trabajo de forma que cada estudiante se encargaba de hacer uno o dos cuerpos geométricos que podían ser ortoedros, pirámides, conos o cilindros. Decidimos que en lugar de decorarlos de forma homogénea, podía resultar llamativo que cada estudiante decorara sus piezas a su gusto. Algunos de los resultados los podemos ver en las figuras 23, 24 y 25.

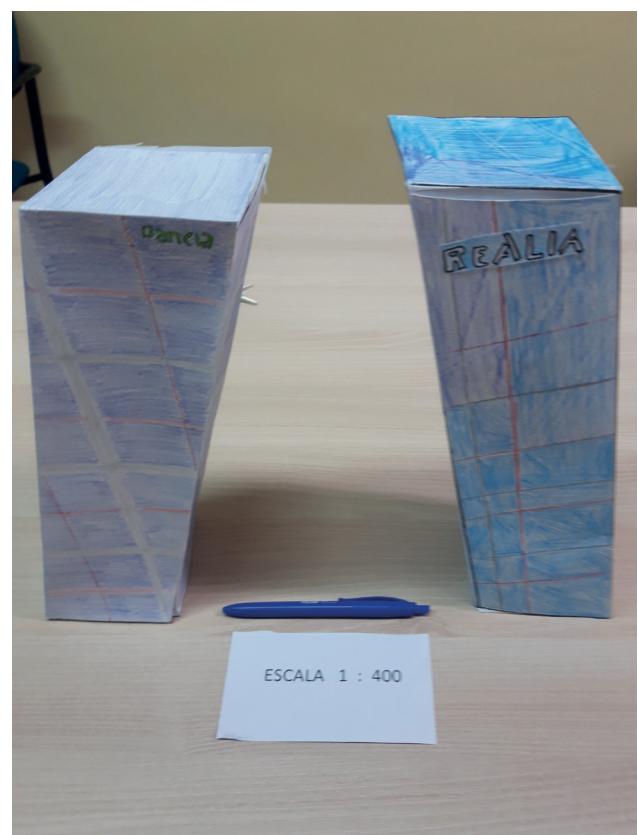


Figura 23. Torres Kio en Madrid



Figura 24. Casa de la Química en Segovia



Figura 25. Castillo de los Marqueses de Villafranca en Villafranca del Bierzo

En la siguiente figura 26 podemos observar la descomposición por piezas de la Casa de la Química, donde se pueden ver los distintos estilos para decorar cada pieza.

Conclusión

Por último, quiero señalar que, al no disponer de sala de ordenadores, el alumnado ha realizado los trabajos en casa, tanto los cuadros de GeoGebra como las partituras en MuseScore. También realizaron en casa las plantillas para hacer las maquetas, aunque en este caso el montaje fue en el aula.

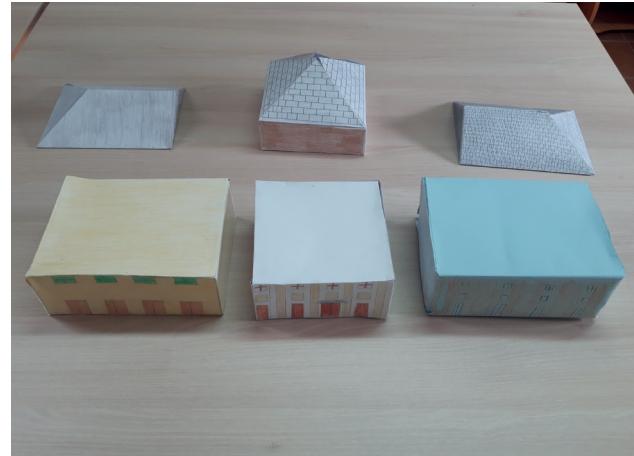


Figura 26. Descomposición de la Casa de la Química

Creo que es importante destacar que los ejemplos expuestos en cualquiera de las tres unidades, no son, ni mucho menos, los únicos; incluso no tienen porqué ser los mejores, aunque sí son válidos para llegar al objetivo que se pretende. Podemos considerarlos como una orientación inicial para realizar el presente trabajo, modificándolos cuando lo creamos conveniente.

Como conclusión final quiero expresar que, a pesar de las características especiales de este curso, la sensación ha sido positiva, hasta el punto de que tenemos intención de repetirla en el curso próximo, e incluso de extenderlo al resto del profesorado de 3.º de ESO. Intentaremos aprender de los errores observados sobre la marcha, con

el deseo de que todo vuelva a la normalidad anterior a la pandemia, por razones humanas obvias, pero además para poder ampliar los recursos y disponer de un material que este curso ha sido imposible utilizar.

Referencias bibliográficas

DOMÍNGUEZ, P. (2015), *Vanguardias artísticas del siglo XX* <<https://vanguardiaartisticasigloxx.wordpress.com/2015/08/07/abstraccion-geometrica/>> [consultado en junio de 2021].

MAÑES, P. (2015), «Max Bill: obras de arte multiplicadas como originales», <<https://graffica.info/max-bill-obra-de-arte-multiplicadas-como-originales/>>.

Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.

PASTOR, Á. (2021), *Materiales y recursos educativos en el aula de matemáticas*, <<http://idm314.es/wp-content/uploads/2021/03/Materiales-y-Recursos-Angel-Pastor-Angel-Pastor-Martin.pdf>>.

Ángel Pastor Martín

IES Andrés Laguna, Segovia
 <angelpastor5@hotmail.com>

1 *El lamento de un matemático* de Paul Lockhart

2 La RAE define palíndromo como «palabra o frase cuyas letras están dispuestas de tal manera que resulta la misma leída de izquierda a derecha que de derecha a izquierda». Este concepto, inicialmente aplicado a las palabras, puede aplicarse a otros conceptos, como la estructura musical.

3 Esta introducción a la abstracción geométrica también puede ser realizada en la clase de Plástica.

4 Cita tomada de <<https://huelvabuenasnoticias.com/2020/01/24/la-mejor-forma-de-aprender-es-ensenando-y-hoy-toda-la-humanidad-conmemora-este-hecho/>> [consultado el 24 de noviembre de 2020].

5 Las figuras 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 y 13 se han tomado de internet el 23 de noviembre de 2020.

Las figuras 14 y 15 se han obtenido de Google Maps el 20 de agosto de 2020.