

## CAPÍTULO 11

### UN PROYECTO PARA MEJORAR LA VISUALIZACIÓN ESPACIAL A TRAVÉS DE LAS TIC

ÉRIKA DIZ PITA Y GONZALO CASTIÑEIRA VEIGA  
*Universidad de Santiago de Compostela*

#### INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de las matemáticas, especialmente de la geometría, presenta dificultades para el alumnado, que han sido abordadas en diversos estudios, proporcionando una visión integral de los problemas y sugerencias para mitigarlos (Carrillo, 2009; Vargas y Gamboa, 2013).

Una de las principales dificultades es la abstracción de los conceptos geométricos. Muchos estudiantes tienen problemas para visualizar y comprender las propiedades y relaciones espaciales de las figuras geométricas y las relaciones entre sus elementos (Andrade y Montecino, 2011). Este problema se ve incrementado si no se emplean herramientas manipulativas y tecnológicas que faciliten la visualización y manipulación de figuras tridimensionales. Diversos autores aseguran que no es posible la comprensión sin visualización (Duval, 1999) y avalan los resultados positivos del empleo de las herramientas mencionadas (Carbonneau, Marley, y Selig, 2013; Flores, Vasques, y González, 2021; Moral-Sánchez, Sánchez-Compañía, y Romero, 2023; Peña, 2010; Sowel, 1989).

En el contexto educativo actual, la integración de las TIC es en un pilar fundamental, como refleja el currículo de Matemáticas en educación secundaria, que de forma explícita incluye el empleo de herramientas y recursos informáticos (ver el Decreto 156/2022 de la Consellería de Educación, 2022).

En este capítulo se presenta una propuesta didáctica para enseñar geometría en segundo de ESO, empleando las TIC como elemento esencial, y complementándolas con elementos manipulativos. Esta propuesta busca facilitar la comprensión de conceptos geométricos y trabajar la percepción negativa de los estudiantes hacia las matemáticas. Al proporcionar una experiencia de aprendizaje más interactiva y concreta, se espera aumentar la motivación y el interés del alumnado. Se realizará una evaluación del impacto de la propuesta en la afectividad del alumnado hacia las matemáticas, mediante la realización de cuestionarios. Desde el trabajo inicial de McLeod (1992), cada vez más autores prestan atención a la afectividad, señalando que una actitud positiva hacia las matemáticas puede mejorar significativamente el rendimiento académico. Por lo tanto, medir cómo esta propuesta influye en la afectividad de los estudiantes es fundamental para evaluar su éxito y potencial replicabilidad en otros contextos educativos.

A continuación, se presenta la propuesta, la puesta en práctica en el aula, y se analizan los resultados obtenidos en las encuestas realizadas, incluyendo algunas conclusiones y reflexiones.

## **MÉTODO**

### **Metodología**

En el desarrollo de esta propuesta se pondrán en práctica diversas metodologías:

Uso de recursos TIC: Será el eje vertebral de esta propuesta, empleando el programa de diseño 3D Tinkercad.

Uso de materiales manipulativos: Se emplearán policubos para la construcción y visualización de figuras tridimensionales.

Exposición oral: Se realizará una pequeña exposición oral de un trabajo realizado por el alumnado de forma individual, tratando de potenciar su capacidad de expresión y comunicación.

Destacamos que las sesiones tendrán un carácter interactivo, aunque se intercalarán explicaciones teóricas cuando sea necesario. Se trabajará tanto de forma individual como en grupo.

### **Objetivos**

Con esta propuesta se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

Calcular razonadamente volúmenes de cuerpos geométricos tridimensionales.

Representar cuerpos geométricos tridimensionales mediante alzado, planta y perfil.

Utilizar programas informáticos para representar y diseñar cuerpos geométricos tridimensionales.

Reconocer figuras geométricas tridimensionales y sus características.

Relacionar la geometría con objetos y estructuras de la vida diaria.

Desarrollar estrategias para resolver problemas complejos, tomando la iniciativa y trabajando en equipo.

### **Secuencia de actividades**

#### *Sesión 1. Cuestionario inicial y repaso de las vistas diédricas*

Para iniciar esta sesión el alumnado realizará un cuestionario para evaluar los efectos de la propuesta sobre su afectividad hacia las matemáticas. El cuestionario consta de 40 preguntas divididas en tres bloques, y se prevé un tiempo de realización de 15 minutos. Se realiza un seguimiento longitudinal de los cuestionarios, manteniendo el anonimato.

El resto de la sesión se dedicará a reforzar un conocimiento previo, la representación mediante vistas diédricas, que habrán trabajado en la materia Tecnología y Digitalización. Muchos estudios, desde el modelo de aprendizaje de Van Hiele (Van Hiele, 1955; 1986), destacan la importancia de trabajar la visualización como primer paso para entender la geometría.

Se irán presentando objetos sencillos y de forma conjunta entre la profesora y el alumnado se irán representando sus vistas en la pizarra, pidiendo la colaboración del alumnado.

### *Sesión 2. Construyendo con polícubos*

Dividiremos al alumnado en 6 grupos elaborados por el docente de acuerdo con los criterios más favorables para un correcto desarrollo de la clase, prestando especial atención al alumnado con NEAE. La actividad constará de tres fases, donde cada grupo deberá:

Construir una figura con polícubos, que debe caber dentro de un cubo de dimensiones 3x3x3. Se dará un tiempo máximo de 10 minutos.

Recibir una de las figuras creada por otro grupo y dibujar sus vistas diédricas (planta, alzado y perfil) mediante un esbozo. La docente comprobará que las vistas son correctas, y en caso de haber errores, se lo indicará para que puedan corregirlos. Se dedicará a esta fase un máximo de 25 minutos.

Recibir las vistas dibujadas por otro, y tratar de recomponer la figura que representan. Se dedicará a esta fase un tiempo máximo de 15 minutos.

Finalmente comprobaremos si han conseguido reconstruir la figura inicial. Analizaremos las dificultades que nos hemos encontrado.

### *Sesión 3. Conociendo Tinkercad*

En los primeros 15-20 minutos, el alumnado aprenderá a acceder a Tinkercad y a realizar las acciones básicas: conocer el entorno, crear figuras básicas, cambiar las dimensiones, el color, la posición (altura, rotación, simetrías y alineación), y recortar partes de una figura. Esta herramienta permite un adecuado trabajo de la geometría espacial (Carbonell y Rotger, 2023) y facilita la consecución de un aprendizaje significativo (Chiluisa-Chiluisa, Lucio, y Velásquez, 2022).

En la segunda parte fomentaremos el trabajo autónomo y trataremos de potenciar la creatividad. Les plantearemos un reto: construir una casa en Tinkercad utilizando las opciones aprendidas previamente. Les daremos algunas indicaciones, por ejemplo: crear la estructura de una casa, con al menos 2 espacios distintos; crear puertas y ventanas; mantener proporciones razonables y similares a una construcción real; añadir un tejado y crear un entorno real (jardín, calle...).

### *Sesiones 4, 5 y 6. Modelado 3D*

Dividiremos al alumnado en 6 grupos y procederemos del siguiente modo:

A cada uno de los grupos le será asignada una ficha que contiene las vistas diédricas de tres piezas.

Deben reconstruir las piezas a partir de sus vistas. Una información importante para ayudar a determinar cómo es la pieza, es que, si juntamos las tres de un mismo grupo, deben encajar perfectamente formando un cubo. Esto favorecerá la cooperación entre los distintos miembros y hará que tengan que emplear el lenguaje para comunicarse y llegar a conclusiones, lo que será beneficioso dado el papel esencial que se ha atribuido al lenguaje (Blanco, Díaz, y Cajaraville, 2012).

Una vez que tengan claro cómo es la pieza, deben construir su modelo 3D en Tinkercad.

Si aparecen dificultades, iremos dándoles pistas, o sugiriéndoles distintos modos de proceder, por ejemplo, construir el volumen total e ir restando las partes que sobren.

En las sesiones 5 y 6 se continuará la tarea, incidiendo inicialmente en los errores que hayamos detectado en la sesión anterior.

Se utilizarán los diseños 3D para imprimir las piezas resultantes. Esto nos permitirá darle una utilidad práctica a la actividad, relacionándola con procesos que se llevan a cabo en la vida real para crear objetos que utilizamos en nuestra vida diaria.

### *Sesión 7. Cálculo de volúmenes*

Plantaremos al alumnado el siguiente problema: vamos a imprimir las piezas en distintos colores o materiales y necesitamos saber qué cantidad de cada material necesitamos.

Deben calcular el volumen de cada una de las piezas diseñadas, descomponiéndolo en figuras cuyo volumen conocemos. Inicialmente trabajarán con referentes, empleando como unidad de medida los pequeños cubos que forman la pieza. A continuación, fijando una medida del lado de esos cubos, se trabajará en el sistema internacional, siguiendo así las fases del aprendizaje de la medida establecidas en la literatura (Del Olmo, Gil, y Moreno, 1989).

Deben comprobar que el resultado es correcto teniendo en cuenta que, juntando las tres piezas de cada figura, el resultado debe corresponderse con el volumen del cubo.

### *Sesión 8. La geometría a nuestro alrededor*

Se plantea esta última actividad para relacionar con el mundo real distintos conceptos geométricos. La literatura señala que las metodologías tradicionales presentaban la geometría como algo alejado de la realidad (Gamboa y Ballester, 2010), por lo que es importante introducir actividades que faciliten esta conexión de los contenidos geométricos con el entorno del alumnado.

Las instrucciones para realizar esta actividad habrán sido dadas previamente al alumnado.

Se les pedirá que realicen fotografías de objetos, estructuras, o cualquier cosa de su alrededor, en las que observen figuras geométricas de las que se han trabajado en clase. Se indicarán los siguientes requisitos: realizar un mínimo de 5 fotografías; identificar tanto figuras planas como tridimensionales; buscar, al menos: un polígono regular, un prisma y una figura relacionada con el número pi.

Como resultado de esta actividad, el alumnado debe presentar las fotografías realizadas, en formato digital, a través del campus virtual, e identificando las figuras. Además, realizarán una presentación oral, de aproximadamente dos minutos, en la que deben contar qué figuras geométricas han identificado, y dónde las han encontrado.

Al finalizar esta sesión, se volverá a pasar al alumnado el cuestionario, cuyos resultados nos permitirán valorar la eficacia de la propuesta.

### **Evaluación**

Para la evaluación se emplearán distintos instrumentos y se contará con rúbricas diseñadas específicamente para cada actividad.

#### *Introducción a Tinkercad: 15%*

Se valorará la hoja de Tinkercad elaborada individualmente en la sesión 2, atendiendo a la construcción de figuras básicas, de diferentes tamaños y colores, creadas mediante la eliminación de algunas partes, y que se hayan girado y alineado. Se valorará también la actividad de diseño libre, dando valor a la creatividad y coherencia de lo realizado.

#### *Modelado 3D: 35%*

Se hará una valoración grupal de la hoja de Tinkercad de cada grupo. Se valorará que hayan sido capaces de comprender las vistas proporcionadas y de construir el volumen en Tinkercad. Se valorará un correcto uso de las proporciones.

### *Cálculo de volúmenes: 15%*

En la sesión 4 entregarán una hoja individual donde se detallarán los procedimientos y cálculos realizados para obtener el volumen de cada pieza, así como la comprobación del resultado empleando los datos obtenidos por los demás. Se valorará el razonamiento, la descomposición en volúmenes, un resultado final correcto, y que se razone la validez del resultado.

### *La geometría a nuestro alrededor: 35%*

Se valorará la exposición realizada en el aula durante la sesión 5. Se prestará atención tanto al contenido (identificación de figuras y formas geométricas), como a la forma de expresarse y explicar oralmente.

## **RESULTADOS**

### **Puesta en práctica y resultados**

#### *Puesta en práctica*

En la puesta en práctica se comenzó por la sesión de los policubos. Las carencias del alumnado en cuanto a la comprensión de las vistas diédricas hicieron que se considerase imprescindible incluir una sesión previa de repaso.

En la fase inicial de construcción con policubos no se apreciaron problemas. A medida que iban terminando, pasaban su figura al grupo correspondiente. En la propuesta actual proponemos que las figuras no se intercambien hasta que todos los grupos hayan terminado, pues generaba cierta desorganización.

Una vez recibida la figura, procedieron a dibujar sus vistas diédricas (planta, alzado y perfil). Aquí se observaban claras diferencias entre los grupos, pues algunos avanzaban sin dificultad, mientras que otros no sabían cómo empezar. Con la sesión de repaso incluida en la propuesta, creemos que estas diferencias disminuirán. Algunos grupos que iban terminando pasaban sus bocetos al grupo siguiente. Es importante que esto no ocurra sin la supervisión de la profesora, pues debe revisarse que las vistas son correctas, pues de lo contrario se imposibilitaría la realización de la tercera fase de la actividad, tal y como ocurrió con algunos de los grupos.

Una vez que cada grupo recibió las vistas dibujadas por sus compañeros, trataron de recomponer la figura a partir de ellas. La principal dificultad fue que algunas de las vistas recibidas tenían errores importantes, lo que no permitía reconstruir la figura. Finalmente, uno de los seis grupos logró reconstruir la figura inicial.

Las dificultades principales aparecían en el dibujo de las vistas a partir de la figura. Los grupos que recibían las vistas identificaban que no era posible reconstruir lo que estaba dibujado, y que debía haber errores. Muchos grupos mostraban una tendencia a añadir líneas ocultas que no tenían sentido. Con la revisión previa del

profesorado antes de pasar de la fase 2 a la 3, creemos que el desarrollo de la actividad mejorará notablemente.

En la siguiente sesión, introdujimos al alumnado en el uso de Tinkercad. Inicialmente aprendieron a acceder y a realizar las acciones básicas sin dificultad. En la segunda parte se les propuso que trataran de construir una casa, mostrándoles un ejemplo, pero aclarando que no hay una única forma de hacerlo bien. Se dieron las instrucciones detalladas en la descripción de la propuesta. El resultado de esta parte de la sesión fue peor, pues, aunque algunos alumnos si llegan a cumplir algunos de los requisitos propuestos, la mayoría no. En la Figura 1 pueden verse los resultados, donde se muestra como el alumnado priorizó la parte de construir el exterior de la casa y añadirle un tejado, a hacer el diseño de las estancias. También algunos de los alumnos priorizaban el incluir elementos predefinidos en Tinkercad, como árboles o personas, cuando ese no era el objetivo principal de la tarea.

Figura 1. Resultados de la actividad desarrollada con Tinkercad en la sesión 2

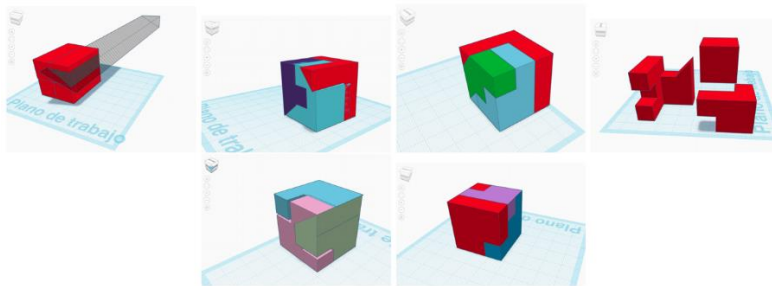


Dispusieron para esta parte de algo más de 20 minutos, y al ver que muchas de las propuestas parecen inacabadas, se ha modificado la planificación temporal. Con este trabajo más independiente, comprobamos que había problemas de comprensión de algunas funciones, como recortar partes de una figura. Se tuvieron en cuenta los aspectos que parecen mostrar más dificultades, para repasarlos en el inicio de la sesión siguiente.

En la tercera sesión iniciamos la actividad de diseño 3D. Dividimos al alumnado en 6 grupos, observando que trabajan a ritmos muy diferentes. Al terminar la sesión

los trabajos estaban en un estado muy poco avanzado, por lo que creímos necesario dedicar una sesión más a este proyecto, la cual iniciamos incidiendo en los errores más comunes, como alineaciones incorrectas de distintas piezas al unirlos, o errores en las proporciones de las distintas partes de la figura. Se detecta que el alumnado tiene dificultades, pero está interesado en el proyecto y tienen interés en llevarlo a cabo, realizan constantemente preguntas y piden ayuda. Esto concuerda con las conclusiones más frecuentes en la literatura que aseguran que el empleo de herramientas TIC favorecen la motivación del alumnado (Peña, 2010), y la combinación con actividades colaborativas produce una mayor interacción y participación en los trabajos (Cabero, 1999; García y Romero, 2009; Kennedy, Odell, y Klett, 2001). Se incluyen los resultados obtenidos por cada grupo en la Figura 2.

*Figura 2. Resultado final de la actividad de diseño 3D en Tinkercad*



La sesión de cálculo de volúmenes no fue puesta en práctica dada la limitación de tiempo. En la última sesión se llevó a cabo la actividad sobre geometría a nuestro alrededor. De los 21 alumnos y alumnas, 10 tenían las fotos entregadas en el día de realización de la actividad. Todos ellos fueron explicando las figuras presentadas, y se observaron algunos errores comunes, como la dificultad para distinguir entre figuras planas y tridimensionales (confusión de prisma rectangular y rectángulo, por ejemplo) o la no distinción entre rombo y cuadrado, haciendo referencia simplemente a la posición, y no a sus propiedades, lo cual es un error muy común entre el alumnado (Gutiérrez, 2006).

## **RESULTADOS**

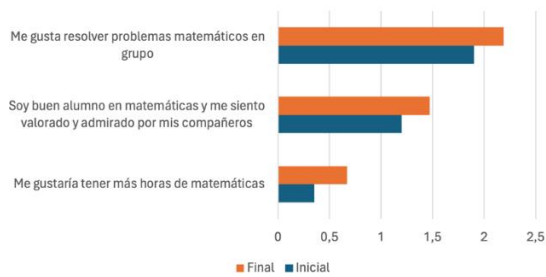
En el diseño de las encuestas se han empleado preguntas extraídas del cuestionario validado desarrollado por Alemany y Lara (2010). Se han seleccionado preguntas de los tres bloques: afectivo, cognitivo y conductual.

El cuestionario final fue cubierto por 20 alumnos y alumnas. Cada una de las preguntas debía ser respondida con una puntuación entre 0 y 3, empleando una escala Likert.

El bloque en el que se ha conseguido una mayor variación en positivo es el afectivo. Los ítems con mayor incremento de las puntuaciones son los que se recogen en la Figura 3. El trabajo en grupo puede haber sido importante, al hacer las sesiones menos desagradables y aburridas, y mejorar la relación con los compañeros. Además, el hecho de dedicar las sesiones a actividades interactivas y manipulativas puede haber sido clave para aumentar el interés del alumnado en tener más horas de esta materia.

*Figura 3.* Preguntas del bloque afectivo con un mayor incremento en las puntuaciones

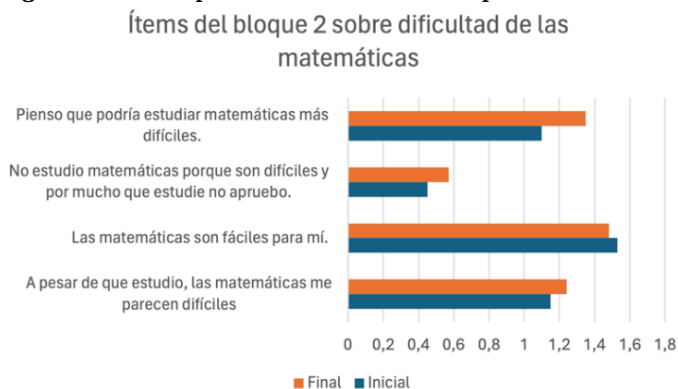
Items con mayor variación positiva en el bloque 1



En el bloque 2, aunque no se aprecian tantos cambios, nos gustaría destacar los siguientes: en la afirmación Las matemáticas sirven para aprender a pensar, la puntuación media pasa de un 2.25 a un 2.52, siendo el ítem que más variación sufre del bloque, a pesar de partir de una puntuación muy alta. Este cambio apoya la hipótesis de que el tipo de actividades propuestas, especialmente el uso de las TIC aumenta la capacidad de pensar y el sentido crítico del alumnado.

Destacamos también la tendencia general a considerar las matemáticas como algo difícil. En la Figura 4 pueden verse las puntuaciones relativas a distintos ítems relacionados con esta idea. Ante esta tendencia a considerar las matemáticas como algo difícil, no parece haber una actitud o respuesta única, mostrando que tal vez la dificultad apreciada desmotive a una parte del alumnado, mientras que otros, pese a considerar las matemáticas como algo difícil, se ven capacitados y motivados para comprenderlas.

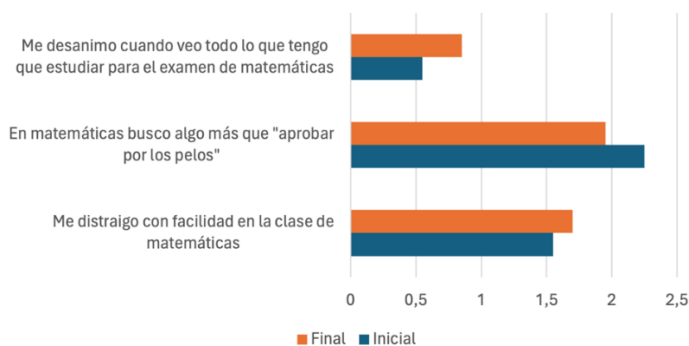
Figura 4. Preguntas del bloque 2 sobre la dificultad percibida de las matemáticas



En el bloque conductual la puntuación media empeora muy ligeramente, al mejorar unos ítems y empeorar otros. Entre estos últimos destacamos los recogidos en la Figura 5. Uno de los ítems muestra que el alumnado manifiesta distraerse con más facilidad en las clases de matemáticas. Sin embargo, esto contrasta con el resultado asociado al ítem Me preocupo mucho por seguir las indicaciones del profesor, en el que la puntuación media pasa de 2.05 a 2.25, y con el ítem Durante las explicaciones de clase mantengo la atención sin que me distraigan otros asuntos, en el que la puntuación se mantiene sin cambios en 1.65. Analizado en conjunto, parece indicar que el alumnado muestra interés en atender a las tareas y explicaciones, pero tal vez por la falta de adaptación al tipo de actividades, les cueste más mantener la atención en las partes en las que, tras las explicaciones, deben trabajar de forma autónoma.

Figura 5. Preguntas del bloque conductual en las que empeoran los resultados

Algunos ítems que empeoran en el bloque 3

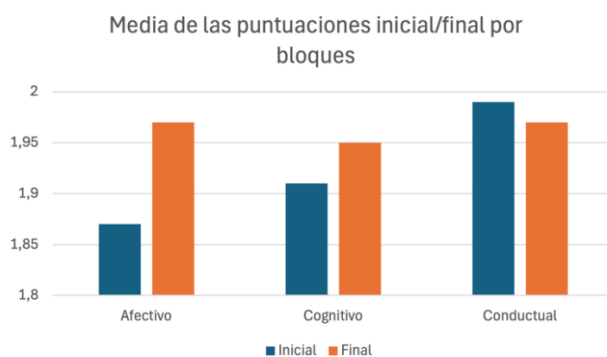


Entre las preguntas que más empeoran, dos hacen referencia explícita a la evaluación. Consideramos que los resultados en estos ítems no son significativos, ya que en la puesta en práctica no se pudo llevar a cabo la evaluación.

Si analizamos los datos por bloques, en el cuestionario inicial, las preguntas del bloque afectivo tuvieron una puntuación media de 1.87, las del bloque cognitivo de 1.91 y las del bloque conductual de 1.99. En el cuestionario final estas puntuaciones medias subieron en el primer bloque, alcanzando un 1.97, subieron muy ligeramente en el segundo bloque, obteniéndose un 1.95 y bajaron de forma todavía menos significativa en el tercer bloque, con un 1.97 de media.

En la Figura 6 podemos observar la media global de los bloques. Se ha conseguido una pequeña mejoría tanto en el afectivo como en el cognitivo, pero no en el conductual. En este, hemos valorado recalcular las medias de puntuación eliminando dos preguntas que hacen referencia explícita al examen, por ser, como se ha comentado, las que más empeoran y menos se relacionan con la puesta en práctica. Se obtiene en este caso que la puntuación media inicial del bloque conductual es de 1.93 y la puntuación media final es de 1.94, manteniéndose en este caso la tendencia de ligera mejora de los otros bloques.

Figura 6. Media de las puntuaciones por bloques en las encuestas inicial y final



El bloque relacionado con la afectividad sufre una leve mejoría, es decir, el alumnado tiene una mejor percepción de las matemáticas después de la propuesta y se siente más validado tanto por sus compañeros como por su profesora. En el bloque cognitivo también se observa este pequeño cambio, lo que puede significar que el alumnado, a pesar de encontrar obstáculos y dificultades en el trabajo con las matemáticas, las valora y muestra su interés por nuevos retos y problemas.

Creemos que en global podemos observar una leve mejoría en el dominio afectivo del alumnado hacia las matemáticas, que puede indicar que la propuesta está bien encaminada, aunque su brevedad y las limitaciones de tiempo no hayan permitido observar cambios más significativos.

## **CONCLUSIÓN**

En este capítulo se ha presentado una propuesta didáctica para el aprendizaje de geometría en segundo de la ESO, utilizando recursos TIC y manipulativos.

Se ha constatado que el alumnado presenta dificultades importantes en la visualización de figuras tridimensionales y en su representación mediante vistas diédricas. Este obstáculo común puede afectar negativamente a su comprensión y rendimiento en geometría, destacando la necesidad de implementar estrategias educativas que aborden estos problemas (Duval, 1999).

Se ha observado que el alumnado muestra un alto nivel de motivación y participación cuando se les presentan actividades que incorporan el uso de TIC o recursos manipulativos. Este incremento en la motivación sugiere que los estudiantes encuentran estas herramientas más atractivas y accesibles, lo que facilita su implicación activa en el proceso de aprendizaje (Peña, 2010). Además, el trabajo en grupo parece jugar un papel importante en captar su interés y fomentar una actitud positiva y colaborativa hacia el aprendizaje.

Además, la propuesta ha demostrado que la implementación de actividades diseñadas para facilitar la visualización y promover el aprendizaje significativo tiene un impacto positivo en la afectividad del alumnado hacia las matemáticas. Al ofrecer experiencias de aprendizaje más comprensibles y conectadas con la realidad, los estudiantes desarrollan una percepción más favorable y una mayor confianza en sus habilidades matemáticas, lo que repercute positivamente en su disposición a enfrentarse a nuevos retos matemáticos, pese a que siguen manifestando que los problemas a los que se enfrentan les resultan difíciles.

En resumen, la integración de recursos TIC y manipulativos ayuda a superar las dificultades relacionadas con la visualización y representación de figuras tridimensionales, y también mejora la motivación y afectividad del alumnado hacia las matemáticas. Por tanto, aunque la propuesta ha supuesto una intervención muy breve, podemos decir que ha logrado los objetivos propuestos, al haber trabajado la percepción negativa que muchos estudiantes tienen hacia las matemáticas, al mismo tiempo que pusimos el foco en mejorar la visualización como elemento clave para la comprensión de los conceptos geométricos. Además, hemos proporcionado al alumnado una experiencia de aprendizaje más interactiva, que ha conseguido un ligero aumento en su motivación e interés.

Estas consideraciones nos hacen insistir en la importancia de adoptar metodologías innovadoras y centradas en el estudiante, para enriquecer el proceso educativo y promover un aprendizaje más profundo y significativo.

De cara al futuro, podría realizarse esta propuesta con una muestra más grande para comprobar el efecto en la afectividad del alumnado. Además, esta propuesta

puede fácilmente adaptarse a la realización de proyectos interdisciplinares o STEAM, que pueden resultar muy enriquecedores para el alumnado.

## REFERENCIAS

Aleman, I. y Lara, A.I. (2010). Las actitudes hacia las matemáticas en el alumnado de ESO: Un instrumento para su medición. *Publicaciones*, 40, 49–71.

Andrade, M. y Montecino, A. (2011). La problemática de la tridimensionalidad y su representación en el plano. En *XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática*.

Blanco, T.F., Díaz, J., y Cajaraville, J.A. (2012). Razonamiento geométrico y visualización espacial desde el punto de vista ontosemiótico. *Bolema*, 26(42A).

Cabero, J. (1999). Definición y clasificación de los medios y materiales de enseñanza. En 35–51.

Carbonell, C. y Rotger, L. (2023). Tinkercad como herramienta tecnológica para la enseñanza-aprendizaje de la geometría espacial. En A. Díez (Ed.), *Propuestas de innovación para el desarrollo en contextos educativos* (pp. 45–58).

Carbonneau, K., Marley, S., y Selig, J. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 380–400. doi: 10.1037/a0031084

Carrillo, B. (2009). Dificultades en el aprendizaje matemático. *Innovación y experiencias educativas*, 16.

Chiluisa-Chiluisa, M.A., Lucio, Y.J., y Velásquez, F.R. (2022). Tinkercad como herramienta estratégica en el proceso de aprendizaje significativo. *Horizontes, Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 6(25), 1759–1767.

Decreto 156/2022, de 15 de septiembre, por el que se establecen la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad Autónoma de Galicia.

Del Olmo, M.A., Gil, F., y Moreno, M.F. (1989). *Superficie y volumen*. Síntesis.

Duval, R. (1999). Representation, vision and visualization: Cognitive functions in mathematical thinking. En F. Hitt y M. Santos (Eds.), *Proceedings of the 21st Annual Meeting North American Chapter of the International Group of PME* (pp. 3–26).

Flores, F., Vasques, C.R., y González, F.A. (2021). El uso de las TIC en la enseñanza de conceptos geométricos en la educación básica. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(23).

Gamboa, R. y Ballester, E. (2010). La enseñanza y aprendizaje de la geometría en secundaria: La perspectiva de los estudiantes. *Revista Electrónica Educare*, 14(2), 125–142.

García, M.M. y Romero, I.M. (2009). Influencia de las nuevas tecnologías en la evolución del aprendizaje y las actitudes matemáticas de estudiantes de secundaria. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 7(1), 369–396.

Gutiérrez, A. (2006). La investigación sobre enseñanza y aprendizaje de la geometría. En P. Flores, F. Ruiz, y M.D. La Fuente (Eds.), *Geometría para el siglo XXI* (pp. 13–58). Badajoz, España: Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas y Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.

Kennedy, T.J., Odell, M.R.L., y Klett, M.D. (2001). Internet en las escuelas de Estados Unidos: Una perspectiva desde el programa Globe. En *I Congreso Nacional de Educared* (pp. 18-20). Madrid.

McLeod, D.B. (1992). Research on affect in mathematics education: A reconceptualization. En D. A. Grows (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 575-596). Macmillan Publishing Company.

Moral-Sánchez, S.N., Sánchez-Compañía, M.T., y Romero, I. (2023). Uso de realidad virtual en geometría para el desarrollo de habilidades espaciales. *Enseñanza de las ciencias*, 41(1), 125-147.

Peña, A. (2010). *Enseñanza de la geometría con TIC en la Educación Secundaria Obligatoria* (Tesis doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED). Recuperado de <https://e-spacio.uned.es/entities/publication/2fdc802b-55dd-4e94-a6e3-142e0af89304>

Sowel, E. (1989). Effects of manipulative materials in mathematics instruction. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(5), 498-505.

Van-Hiele, P. (1955). De niveau's in het denken, welke van belang zijn bij het onderwijs in de meetkunde in de eerste klasse van het. *Paedagogische Stüdien*, 32, 289-297.

Van-Hiele, P. (1986). *Structure and insight: A theory of mathematics education*. Academic Press.

Vargas, G. y Gamboa, R. (2013). El modelo de Van Hiele y la enseñanza de la geometría. *Uniciencia*, 27(1), 74-94.