2025, Volúmen 13, Número 2, pp. 38-45

Sección: Entre Docentes

Toroide, Modelo 3D primitivo como propuesta innovadora en la alfabetización matemática, digital y visualización espacial

Torus, a primitive 3D model as an innovative proposal for mathematical, digital, and spatial visualization literacy

Miguel Ángel Martínez Martínez[a]
Universidad Autónoma de Nuevo León; México
miguel.martinezmrt@uanl.edu.mx
orcid.org/0009-0003-5894-9665

Gricelda Patricia Vargas López
Universidad Autónoma de Nuevo León; México
gricelda.vargaslpz@uanl.edu.mx
orcid.org/0009-0002-6109-9916

Elizabeth Guajardo García
Universidad Autónoma de Nuevo León; México
elizabeth.guajardogr@uanl.edu.mx
orcid.org/0009-0002-8089-9636

Resumen:
La presente investigación se realizó en la consecución de los objetivos del Proyecto Realidad Virtual para el aprendizaje de la Matemática (MATHVR UANL), en el marco de la Red Temática de Cuerpos Académicos "Innovación Educativa para el Aprendizaje de las Matemáticas mediado con Tecnología" Se investiga sobre innovación metodológica, alfabetización digital y el diseño de actividades didácticas en diferentes entornos educativos. A partir de lo anterior, se propone la evaluación del impacto de la semiótica 3D de manera interactiva para el desarrollo de competencias para el análisis de ubicación espacial y desarrollo de pensamiento crítico a nivel universitario. El enfoque de estudio se centra en el toroide, como actividad para la creación de un pensamiento estructurado en modelos 3D y su ubicación espacial, y visualizar aplicaciones prácticas con fundamento geométrico y matemático. Mediante un diseño causi-experimental se compara el rendimiento académico a partir de las habilidades de visualización en grupos experimentales. Tomando como perspectivas en el marco teórico la semiótica visual, cognición espacial y pedagogía digital.

Palabras clave: Innovación, Modelo3D, Ubicación espacial, Cognitivo

---

[a] Autor de correspondencia

Abstract:
This research was conducted to achieve the objectives of the Virtual Reality for Mathematics Learning Project (MATHVR UANL), within the framework of the Thematic Network of Academic Groups "Educational Innovation for Technology-Mediated Mathematics Learning." The research investigates methodological innovation, digital literacy, and the design of didactic activities in different educational environments. Based on this, the study proposes an evaluation of the impact of interactive 3D semiotics on developing competencies for spatial location analysis and critical thinking at the university level. The study focuses on the torus as an activity for creating structured thinking in 3D models and their spatial location, and for visualizing practical applications with geometric and mathematical foundations. Through a quasi-experimental design, academic performance is compared based on the visualization skills developed by students in experimental groups. The theoretical framework incorporates visual semiotics, spatial cognition, and digital pedagogy.

Keywords: Innovation, 3D Model, Spatial location, Cognitive

Cómo citar / How to cite: Martínez Martínez, M., Vargas López, G., y Guajardo García, E. (2025). Toroide, modelo 3D primitivo como propuesta innovadora en la alfabetización matemática, digital y visualización espacial. *Revista AMIUTEM*, *13*(2), 38–45. https://doi.org/10.65685/amiutem.v13i2.264

Introducción

La implementación de modelos 3D como apoyo académico o como material didáctico de autoría propia a partir de plataformas como BLENDER, Autodesk MAYA, 3DMAX, AutoCAD, es considerado como una innovación en la metodología para la enseñanza aprendizaje y la alfabetización en temas digitales en el área de ciencias exactas, particularmente en este caso como actividades didácticas en la geometría analítica y ubicación espacial, centrándose en toroide como figura primitiva básica, donde el análisis de la visualización tridimensional en tiempo real enfatiza la comprensión de los conceptos matemáticos involucrados para estudiantes de los dos primeros niveles universitarios. El apoyo visual como semiótica (Peirce, 1931; Duval, 1999), es parte fundamental para mantener el interés del alumno en clase hoy en día, donde toda la información se maneja apoyada con imágenes o gráficas, y las gráficas 3D son el puente entre el concepto matemático abstracto y poco llamativo para estudiantes, y el gráfico llamativo que impacta la curiosidad y estimule la concentración, análisis y estudio de la geometría analítica, esencial en muchas disciplinas como la física y procesos algorítmicos.

En instituciones como la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), entre el 30% al 50% perfilan a reprobar las unidades de aprendizaje, lo cual influye a considerar dejar la carrera profesional, según datos de la Secretaría de Educación Pública (SEP) y la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES, 2020). Y esto incita a la deserción entre 20% al 25% (ANUIES, 2020; SEP, 2019) dentro de los primeros dos semestres (los cuales involucran el tronco común dentro de las instituciones y sus respectivas carreras).

El uso de gráficos, modelos 3D, animaciones o incluso interactivos es de gran apoyo en la retención y comprensión de información donde los estudios en la cognición y educación educativa (Mayer, 2014; Höffler y Leutner, 2007) demuestran un diferencial ascendente entre un 30-40% si se compara con métodos tradicionales abstractos. La representación gráfica de los componentes de un toroide en función de sus variables más básicas permite exponer el vínculo entre cada una de las variables y las oportunidades que ofrecen al interactuar de manera dinámica, oportunidades como la visualización de algoritmos básicos de programación (Python, UnrealEnggine, entre otros). Sin mencionar que el desarrollo de este tipo de materiales didácticos fomenta el "Aprendizaje Basado en Problemas" (ABP), relacionados con la ubicación espacial STEM (Wai et al., 2009), donde el estudiante, al verse inspirado por la gráfica comienza a tener mayor interacción en clase y levantando la curva de atención (Tomé, C. 2018) y también extendiendo el tiempo de esta.

Los modelos 3D aplicados de manera experimental en clase activa procesos cognitivos como la rotación mental (Shepard & Metzler, 1971) así como el control del proceso cognitivo (Sweller, 2011), manteniendo un interés (aunque sea indirecto) y alargando la curva de atención, bajando frustración y apatía por el aprendizaje de la geometría analítica. Estudiantes expuestos a materiales didácticos apoyados con gráficas 3D confirman una disminución de alrededor de un 20% en el índice de reprobación en matemáticas y amplía la capacidad del estudiante de llevar conceptos teóricos a entornos prácticos (en este caso posicionamiento de coordenadas y ubicación espacial).

El objetivo general de la investigación fue establecer puentes entre docente, aula y alumno mediante el desarrollo e impulso de actividades que fomenten el pensamiento crítico y el análisis cognitivo, con el fin de mantener la atención hora clase (Tomé, C., 2018). Además, se buscó crear mecanismos que acompañen al estudiante extra-aula y ofrezca acompañamiento académico y emocional, dando seguridad, disciplina y autonomía al estudiante.

Referente teórico

A nivel internacional, encontramos que Gamo (2015), investigó sobre una aproximación didáctico-tecnológica a los laboratorios virtuales en aulas universitarias. Identificó las expectativas y necesidades de los profesores y estudiantes de ciencias e ingenierías, respecto al desarrollo de plataformas de laboratorios virtuales remotos, como complemento a la enseñanza experimental realizada en los laboratorios presenciales, para el desarrollo de las competencias de conocimiento, socio-comunicativo y colaborativo que el estudiante debe adquirir. Gómez (2015) investigo las relaciones entre presencia social y satisfacción del estudiante en "Entornos Virtuales de Aprendizaje Colaborativo" con el propósito de establecer una relación positiva entre el nivel de satisfacción, el valor de los procesos de aprendizaje colaborativo y la presencia social de los estudiantes en base a estrategias colaborativas.

En relación con sólidos de revolución, la visualización matemática del eje de rotación y la curva generatriz del toroide se realizó a través de las gráficas obtenidas con las plataformas

3D (antes mencionadas). Con la orientación del profesor facilitador, se recurrió al octágono como la forma geométrica que representa en este caso al círculo y donde el número de lados del polígono puede aumentar o disminuir en función de comprender cuál es la variable que interviene para lograr ese objetivo.

La IA en la creación de resultados y sus consideraciones.

Es realista que inicialmente estemos tentados a buscar la forma de trabajar y crear apoyo gráfico a partir de IAs para la creación de material didáctico, más, sin embargo, contrario a lo que se cree, hay que hacer una inversión significativa, ya sea económica, de redacción en prompts (preferentemente en inglés), tener una buena imagen de referencia (ya sea de internet o propia para crear otra), entre otros, y los más importante es que no se puede tener autoría sobre la gráfica resultante, esto, de manera inicial, pudiera parecer algo banal, pero si logra uno crear un documento de importancia relevante, podría tener una situación incómoda al momento de querer publicar, registrarlo como autoría propia o manipularlo sin correr riesgo de algún detalle.

No se trata de minimizar el aporte de la IA en situaciones específicas, y siendo realistas hay retos que se tendrían que evaluar si vale la pena hacerlo con IA o de autoría propia. En la Figura 1, se expone el resultado después de redactar un prompt, mas, sin embargo, dista mucho de un toroide y por consiguiente no aporta mucho como material académico, salvo las divisiones radiales que se muestran.

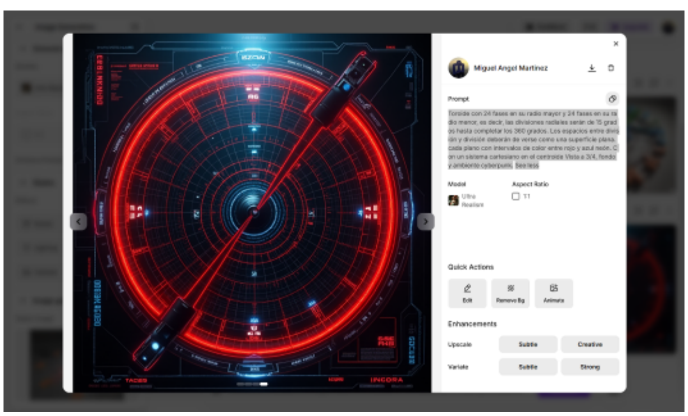

Figura 1. El desarrollo de imágenes a partir de prompts tiene una mecánica. En este caso se redactó en español (no recomendable), con el objetivo de tener un toroide, y este fue el resultado.

Lo que se busca, es dar a conocer los retos que ofrecen objetivos específicos en gráficas, cuya finalidad de un material didáctico es que el concepto teórico esté bien representado. Entonces como alternativa buscar plataformas que me den un resultado específico a lo que, como maestro y conocedor del tema busco, y es una alternativa. Son figuras "primitivas" (vienen por default en las plataformas), lo cual podría dejar como tema a debate la forma en como exponerlo: pudiera ser muy elaborado, o relativamente sencillo. El nivel de impacto visual es a criterio de cada maestro en función de las habilidades, recursos e interés específico.

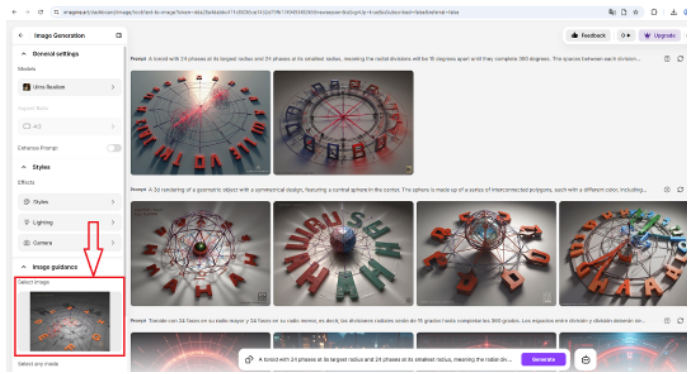

Figura 2. Existen IAs donde ofrecen la opción de tener un "boceto" o "idea" de lo que uno está buscando. El resultado ni siquiera se asemeja al original.

En la Figura 3, se muestran un ejemplo de que el toroide de manera sencilla (y primitiva) puede ser expuesto gráficamente con distintas propiedades (vértices, caras, aristas, radios), mas, sin embargo, se limita solamente a conceptos gráficos, pero para un ojo y mente preparada, son evidentes los conceptos geométricos involucrados.

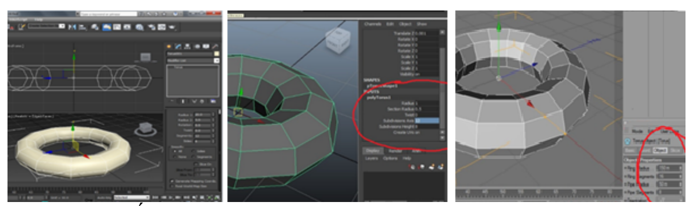

Figura 3. Área del Toroide generada con planos en secciones (fases) en diferentes unidades, los datos para generar cada toroide en diferente plataforma son muy similares, es decir, sus algoritmos, los cuales se basan en conceptos básicos de algebra y geometría.

Esta presentación pudiera aparentar ser una simple opción, mas no la única. Las plataformas ofrecen una diversidad de opciones, que en primera instancia fue creado con finalidades gráficas, pero también puede ser orientado con un objetivo geométrico y matemático.

En las siguientes figuras se exponen gráficas de autoría propia relativamente sencillas desarrolladas en Maya, 3DMAX, Cinema4D e incluso BLENDER. Este último de libre acceso, y relativa facilidad para desarrollar materiales como muestran las siguientes figuras.

Retomando la Figura.3. En las dos primeras plataformas (3DMAX, Maya, respectivamente) tenemos que cada una de ellas tiene su manera particular de “organizar” la “información” (algoritmos, que está representado por lo que llaman: CHANNEL BOX) y que el resultado es el mismo: planos en secciones axiales de ángulos θ= π/4 y en secciones de ángulos θ= π/12. En la plataforma de la derecha de la Figura 3 (CINEMA4D) presenta en secciones axiales de ángulos θ= π/4 y θ= π/16.

Estas primeras opciones no son lo más “elegante” como un material didáctico (aunque eso no quiere decir que no sean útiles), pero hay alternativas simples en las cuales puede ser descrito un proceso geométrico y las variables que lo representan, las cuales se presentan a continuación.

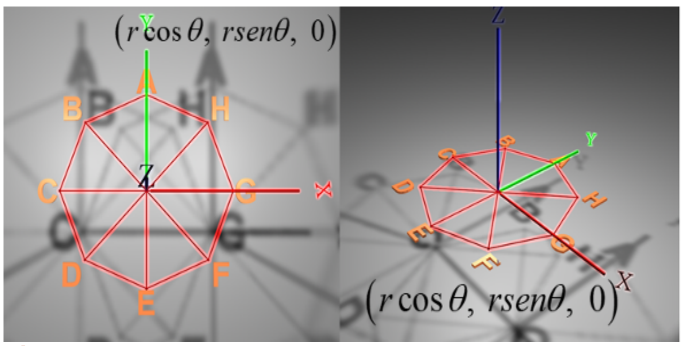

Figura 4. En una circunferencia por fases, en combinación con conceptos de “ciclos y condicionantes” es de apoyo para describir gráficamente la definición de “Lugar Geométrico”

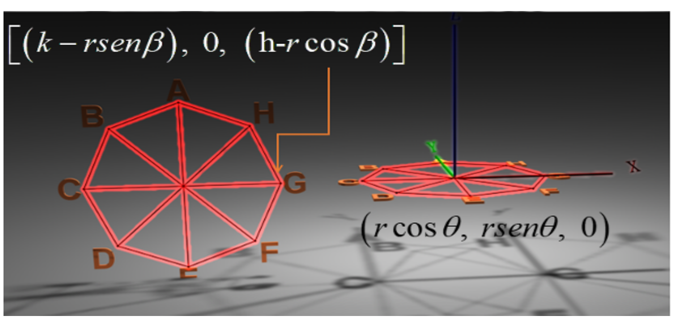

Figura 5. Establecer una comparación y las diferencias de geometrías (en este caso una circunferencia de 8 fases) que pueden entenderse iguales, más sin embargo los componentes que lo representan son distintos

Como se puede apreciar, ya no solo es una simple grafica de una circunferencia (de fases limitadas), es un conjunto bien organizado cuya finalidad no solo es el concepto teórico, también el “impacto visual” que genera en el estudiante y su consecuente interés de involucrarse (aunque sea de manera superficial), creando nuevos puentes de comunicación en el aula y alargando (aunque sea un poco) la “curva” de atención (Tomé, 2018).

Aprendizaje mediado (Vygotsky, 2000) de áreas de superficies, en laboratorios de uso de tecnología con el uso de plataformas, donde se puede ver cómo se pueden modificar las variables y utilizarlas como un ejemplo de las aplicaciones prácticas de la geometría analítica: algoritmos, cálculo de varias variables, interpretación de variables, geometría analítica, plana, álgebra, entre otras.

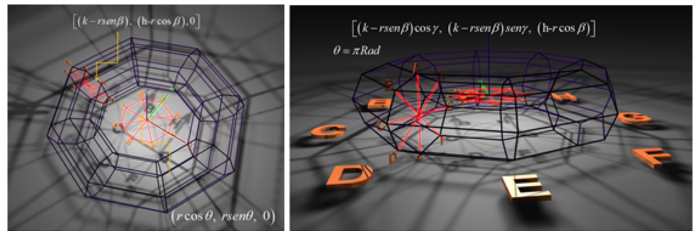

Figura 6. Al igual que en la figura previa, se entiende el proceso cognitivo y con un apoyo semítico (construcción de un toroide) y expone las aplicaciones y conexiones cognitivas para entender y exponer conceptos prácticos. (Gráficas de autoría propia)

El Profesor orientador, puede conducir el proceso de argumentación matemática para concebir la posible situación de aumentar el número de particiones regulares del intervalo de 0 a 2π, en la estructuración del concepto nuevo, al considerar al área del Toroide como la suma de Planos Tangentes a cada punto del Toroide

En la Figura 7 se presentan elementos del diseño de actividades en realidad virtual para la Visualización Matemática en el Proyecto MATHVR, como una estrategia motivadora en la que los alumnos interactúan en un entorno virtual de realidad aumentada. Dando un ambiente más profundo a la imagen.

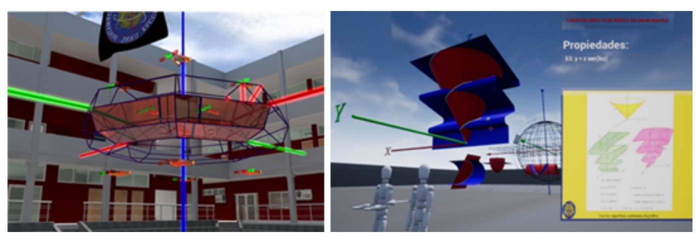

Figura 7. El alumno puede trabajar elementos de videojuego para identificar propiedades matemáticas de los objetos geométricos tridimensionales

¿Las gráficas como apoyo son una herramienta útil, pero que pasaría si se pudiera animar esa gráfica Gamo (2015) y exponer los componentes que representan al toroide en función de una sintaxis relativamente simple y en tiempo real? Se está desarrollando un prototipo de APP interactiva, la cual pueda ser en Realidad Aumentada y/o Interactiva (esta en desarrollo en función de recursos) donde despliegue información en puntos clave y en tiempo real (Figura. 5). El uso de APPs como apoyo no solo al alumno, también al maestro, es de suma importancia, ya que abriría puentes entre alumnos, maestros y conocimiento cognitivo en tiempo real. Se plantea la idea de poderla trabajar en línea con chat directo, pero también MODO: OFFLINE, tratando de ser accesible a situaciones adversas que pueda tener el alumno. El diseño preliminar se puede visualizar en estos dos siguientes videos que se muestran en las Figuras 8 y 9.

Figura 8. Enlace de video 1: https://youtu.be/bShXiRgjt6s

El vídeo 1 se muestra los conceptos de "lugar geométrico" el cual gráficamente puede aparentar ser el mismo, mas, sin embargo, los componentes que la representan dentro del plano cartesiano. Eso da pie a un debate de los procesos que ello implica

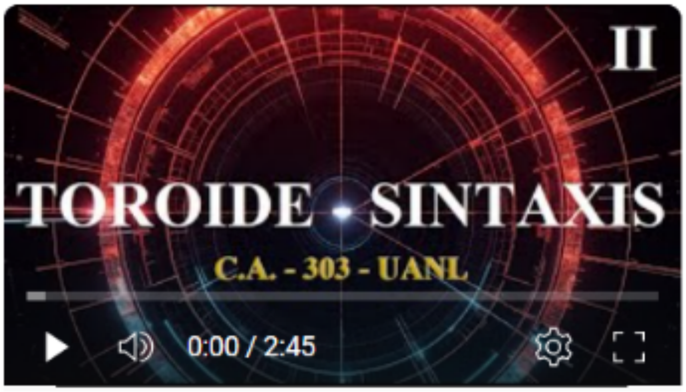

Figura 9. Enlace de video 2: https://youtu.be/2pyrlN11d-U

En el video 2 se exponen los objetivos a corto, mediano y largo alcance. Demostrando el abanico de oportunidades de exponer puntos enfáticos en función de las necesidades de cada grupo clase, apelando a la experiencia de cada maestro, buscará áreas de oportunidad y reforzar puntos críticos.

La interacción entre los conceptos teóricos y poder visualizar gráficamente y paso a paso en tiempo real (Vygotsky, 2000) es un apoyo de suma importancia como puente que parte de lo semiótico y llegar a un proceso cognitivo a través de un pensamiento crítico.

Proceso metodológico

Se realizó un estudio cuasi-experimental con grupos de control y experimental, tomando como muestra aulas de las facultades de Físico Matemáticas y Contaduría Pública, correspondientes a los períodos académicos de 2023 y 2024. En algunos casos, el alumnado estaba consciente de participar en un estudio académico, mientras que en otros no, con el propósito de analizar si existía un diferencial entre ambas condiciones. Se documentó la participación de 300 estudiantes por semestre, lo que representa un total de 1,200 alumnos.

Cabe mencionar, que el enfoque entre maestros es distinto (estadístico, matemática pura y matemática aplicada a gráficas 3D), lo cual ofrecerá diferentes perspectivas de la percepción del material.

Se enfoca en el uso de la enseñanza tradicional y para finalizar la clase se expuso la misma temática apoyada por el uso de modelos 3D que ayudaban a interpretar los conceptos teóricos. Como instrumentos de captura se tomó en cuenta la entrevista e interacción maestro y alumno.

Resultados

Dimensión 1: Recuperar comunicación entre maestro alumno.

Hay cambio en la curva (Tomé, 2018) de atención en el estudiante, dando oportunidad al maestro de profundizar en el tema. En primera instancia, el interés es por las gráficas, las dinámicas y la animación de esta, cuestionando la relación de los conceptos teóricos para lograr lo primero (Sagan, 1981). Se hace preguntas exploratorias en los temas involucrados, además contesta las preguntas que ayudan a involucrarse con disciplina de forma guiada.

Dimensión 2: Comprensión y documentación.

El docente da referencias en los cuales debe enfocarse el alumno para una mejor comprensión del tema en cuestión (en este caso geometría analítica, plana y algebra), cabe mencionar que es importante la referencia de libros recomendados por cada institución y el contexto en el cual se pueda estar aplicando (interpretación de variables, funciones lineales, cálculo de varias variables y/o geometría analítica aplicada a 3D entre otras), y la seriedad de esa información, para identificar los elementos y propiedades de cada tema involucrado (Godino y Batanero, 1994), y las fórmulas que involucran a cada componente, y no solo limitarse a decir que es una "forma geométrica" en sí. El estudiante reafirma conocimientos adquiridos siguiendo las indicaciones plasmadas en el libro y bajo la supervisión del maestro.

Dimensión 3: Análisis.

El docente, mediante una conversación heurística, ejemplifica los temas vistos en esta etapa para que, en equipo, el estudiante analice y proponga procesos de solución y realice una presentación frente a grupo; se espera que el docente refuerce sus conocimientos para llegar a una conclusión grupal. El docente sugiere problemas del libro de trabajo, enfocados ya directamente a la unidad de aprendizaje; en este caso se tomaron de referencia *Geometría analítica* (Lehmann, 1989a), *Álgebra* (Lehmann, 1989b), *Cálculo* (Swokowski, 1988) y *El cálculo con geometría analítica* (Leithold, 1988).

Al momento de presentar las propuestas, se obtuvieron resultados significativos donde se denota un punto de inflexión en la curva de atención del alumno promedio. Ya que los alumnos se sintieron atraídos por la innovación de las gráficas y notaron una nueva forma de presentaciones para entender el significado de las variables.

Algunas observaciones que fueron relevantes en el ejercicio son las siguientes:

- Existió un cambio significativo en el cambio de actitud de un porcentaje considerable de alumnos. De solo 15% de alumnos enfocados en la clase, sube a 49% que muestran interés en la clase.
- Un dato importante es que al menos un 34% de los alumnos comprendieron el significado de las variables a partir del apoyo gráfico.
- Visualiza las actividades o acciones en las cuales se involucran con las matemáticas (particularmente conceptos geométricos) expone un área de oportunidad: "¿cómo converger intuiciones y conceptos geométricos aplicados?" (Kant, 1781). La respuesta a este cuestionamiento y crear conocimiento se canaliza en función de la técnica particular de cada maestro. Es decir, no es una técnica "cerrada", se considera una herramienta que se usó a discreción.
- Comienza a tener mayor interés o al menos empieza a tener conciencia de la aplicación de los conceptos geométricos matemáticos y que puedan decidir con mayor uso de conciencia el rumbo de una carrera profesional. Deja de subestimar la necesidad de entender de fondo el análisis de los conceptos teóricos. Lo cual se complicaba enormemente por la falta de un contexto actual para los estudiantes.
- Uno de los cambios más impactantes después de esta dinámica es la cantidad de alumnos que interactúa y/o pone atención, comienza a incrementarse de manera radical, y por consecuencia, la probabilidad de mejorar el porcentaje aprobatorio también puede mejorar.
- El alumno toma interés en visualizar esta dinámica en temas relacionados como programación (desarrollo de algoritmos), donde el álgebra y la geometría están íntimamente involucrados.
- Una de las experiencias es que los temas pueden ser un poco más complejos, más, sin embargo, pueden explicarse de manera relativamente sencilla en función de los temas en boga del estudiante. Lo cual sugiere que el mismo maestro entiende las necesidades de los alumnos, generando una relación simbiótica donde el maestro ofrece conocimiento y experiencia y el alumno temas de actualidad para poder aplicar esa experiencia.

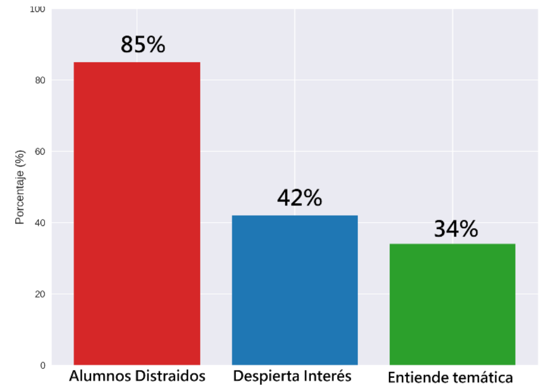

Figura 10. Distribución de la atención y comprensión de los alumnos

Retomar el proceso de estimulación de la intuición en el alumno es fundamental para revitalizar la interacción en clase y mejorar la atención (Tomé, 2018). La curva de atención tiende a la baja (Menárguez, 2017) debido a la proliferación de videos en dispositivos digitales, fenómeno intensificado durante la pandemia. Las clases en línea y el uso constante de dispositivos han erosionado la interacción Maestro–Alumno.

Este experimento muestra que revitalizar la atención estudiantil no depende del contenido o de políticas externas, sino de una metodología docente centrada en la conexión con intereses actuales de los estudiantes. Adaptar el análisis y construcción de cada tema permite que los alumnos perciban los conceptos como relevantes para sus inquietudes y para su desarrollo intelectual, revirtiendo así la baja atención.

El alumnado muestra mayor interés en la teoría (Vygotsky, 2000), aunque sea de manera indirecta, pues busca entender el comportamiento de las herramientas y sus alternativas. En ese proceso, los estudiantes formulan preguntas que implican conceptos matemáticos y geométricos aplicados. Aquí el maestro tiene la oportunidad de conducirlos hacia la ciencia teórica, complementando lo práctico con el análisis formal y la bibliografía correspondiente, lo que demuestra la importancia de conocer los fundamentos.

De manera práctica, se describieron aplicaciones del álgebra y la geometría analítica, "justificando" la necesidad del estudio teórico de la ciencia (Vygotsky, 2000). Esto responde a la percepción de los alumnos de que la teoría carece de interés porque no visualizan su aplicación ni logran relacionarla con necesidades directas del campo laboral.

Conclusiones

A partir de los resultados, se concluye que es necesario —y hasta cierto punto urgente— ajustar las técnicas de enseñanza para encaminar el aprendizaje. Existe una "brecha amplia" entre enseñanza y aprendizaje que, independientemente del sistema educativo, debe atenderse en el espacio de la clase.

No se trata de responsabilizar al maestro, catedrático, institución o sistema político, sino de reconocer que la versatilidad del mundo social, laboral y de las redes digitales exige a las nuevas generaciones "saber hacer… y lo que no sepas, averígualo rápido". El sistema educativo difícilmente podrá mantener el ritmo si no se generan alternativas que construyan puentes entre enseñanza y aprendizaje.

En este sentido, se reconoce la pertinencia de los planteamientos de Hiele (1986), al señalar que la enseñanza no debe detenerse, sino avanzar hacia el aprendizaje profundo. Prospectivamente, se requiere diseñar estrategias que integren intereses actuales del alumnado con fundamentos teóricos, de manera que se logre un aprendizaje significativo y sostenible.

Referencias

1. Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). (2020). *La deserción escolar en educación superior en México*.
2. Gamo, F. (2015). *Aproximación didáctico-tecnológica a los laboratorios virtuales remotos en enseñanza universitaria*. Madrid: UNED.
3. Gómez, J. (2015). *Relaciones entre presencia social y satisfacción del estudiante en entornos virtuales de aprendizaje colaborativo (EVAC)*. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.
4. Kant, I. (1781). *Crítica de la razón pura*. Editorial Purrua.
5. Lehmann, C. H. (1989). *Álgebra*. Limusa.
6. Lehmann, C. H. (1989). *Geometría analítica*. Limusa.
7. Leithold, L. (1988). *Cálculo*. Grupo Mexicano MAPASA, S.A. de C.V.
8. Mayer, R. E. (2014). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
9. Peirce, C. S. (1931). *Collected papers*. Harvard University Press.
10. Sagan, C. (1980–1981). *Cosmos*. Planeta.
11. Shepard, R. N. (1971). Mental rotation. *Science, 171*(3972), 701–703.
12. Sweller, J. (2011). *Cognitive load theory*. Springer.
13. Swokowski, E. W. (1988). *Cálculo y geometría analítica*. Editorial Iberoamericana, S.A. de C.V.
14. Tomé, C. (2018, abril 12). La curva de la atención, ¿una leyenda urbana? *Cuaderno de Cultura Científica*. https://culturacientifica.com/2018/04/12/la-curva-de-la-atencion-una-leyenda-urbana/
15. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). (2021). *Informe académico de reprobación en primer ingreso*.
16. Vygotsky, L. (2000). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Editorial Crítica.
17. Wai, J. (2009). Spatial ability for STEM. *Journal of Educational Psychology*.

Artículo recibido: 5 agosto 2025
Dictaminado: 8 noviembre 2025
Aceptado: 20 diciembre 2025