

# Modelizando en tres dimensiones para la resolución de problemas de matemáticas con un enfoque STEAM

Lucía Rotger García

*Departamento de Ciencias Matemáticas e Informáticas, Universitat de les Illes Balears, España*

## 2.1 Introducción

Desde la perspectiva de la Educación Matemática Realista (EMR) introducida por Freudenthal (1991), la enseñanza de la matemática, como actividad humana, se debe relacionar con elementos reales y relevantes para la sociedad. Freudenthal aboga por el uso de problemas matemáticos realistas que involucren a los estudiantes en la resolución de problemas auténticos, lo que les permite construir su comprensión de las matemáticas a través de la experiencia práctica. Además, enfatiza la importancia de la comunicación y la discusión en el aula para desarrollar el pensamiento matemático de los estudiantes. Las matemáticas deben contribuir, por tanto, a comprender y describir la realidad que nos rodea.

Con esa perspectiva integradora, las matemáticas, siendo uno de los pilares de la Educación STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), juegan un papel crucial en este enfoque interdisciplinario en el que se pretende promover experiencias de aprendizaje integrales y significativas. Las matemáticas actúan como el lenguaje subyacente que conecta todas estas disciplinas, proporcionando las herramientas necesarias para analizar, modelar y resolver problemas en diversos campos. Además, la integración de la matemática en contextos STEAM permite a los estudiantes ver la relevancia y aplicabilidad de los conceptos matemáticos en el mundo real, fortaleciendo su comprensión y motivación para aprender (Hsiao y Su, 2021).

Esta educación interdisciplinaria involucra a los estudiantes en el proceso educativo a través de un enfoque multifacético y multisensorial, desarrollando habilidades metacognitivas y controlando la forma en que aprenden (Lytra y Drigas, 2021). La combinación de STEAM con tecnologías emergentes ha mostrado potencial para mejorar la motivación y el aprendizaje de los estudiantes (Hsiao y Su, 2021). Por ello, la inclusión de la tecnología en la educación STEAM representa una evolución natural en el panorama educativo contemporáneo. Las tecnologías emergentes, como la realidad virtual y aumentada, han evidenciado potenciar la comprensión y el aprendizaje de los estudiantes en áreas STEM (Pellas et al., 2020). Estas herramientas no solo enriquecen la experiencia educativa, sino que también preparan a los estudiantes para un mundo en constante evolución tecnológica (Kefalis y Drigas, 2019).

## 2.2 Impresión 3D y educación STEAM

En el entrecruzamiento de la didáctica moderna con el avance de la tecnología, se destaca la impresión tridimensional como un agente de cambio en la educación STEAM, proveyendo un enlace concreto entre el estudio teórico de las matemáticas y su aplicación práctica. La integración de esta tecnología en el currículo matemático no solo encarna la interdisciplinariedad inherente al enfoque STEAM, sino que también proporciona una plataforma para la exploración creativa y la innovación (Sun y Li, 2017). La impresión en 3D, al transformar los conceptos matemáticos en objetos físicos, promueve un entendimiento más amplio y un reconocimiento estético de la disciplina matemática. Esto se manifiesta en las investigaciones de Lee et al. (2015), donde la belleza inherente en las figuras geométricas se revela a través de modelos impresos en 3D, enriqueciendo así la experiencia educativa. La revisión sistemática de Kit Ng et al. (2022) aporta una clasificación de las propuestas de impresión 3D en contextos STEAM:

- Formas geométricas y otros objetos que fomentan habilidades de pensamiento espacial. Se encuentran ejemplos de desarrollo de conceptos geométricos tales como el volumen y las áreas superficiales de objetos como cubos, prismas rec-

tangulares y cilindros. Además, se desarrollan propiedades sobre otros objetos geométricos y sus secciones transversales en contextos de resolución de problemas.

- Conceptos matemáticos de educación superior. Existen propuestas que tratan de desarrollar conceptos de matemáticas como cálculo multivariable, matricial o vectorial.
- Proyectos STEAM. Los diseños de estructuras (por ejemplo, resistentes a terremotos) o de modelos de objetos tridimensionales (como podría ser un coche de carreras) fomentan la aplicación de conocimientos matemáticos dentro de programas STEAM.

La relevancia de la impresión 3D en la educación STEAM se extiende más allá de la visualización y manipulación de objetos matemáticos; se adentra en el reino del aprendizaje experiencial y el desarrollo de habilidades del siglo XXI. Zapata et al. (2022) discuten cómo la metodología STEAM, apoyada por la impresión 3D, promueve el aprendizaje transversal y el desarrollo de habilidades críticas como el procesamiento visoespacial y el pensamiento computacional. Este enfoque interdisciplinario no solo es fundamental para la comprensión conceptual, sino que también es crucial para fomentar la capacidad de innovación y resolución de problemas en los estudiantes.

Al integrar la impresión 3D en la educación matemática, los educadores pueden proporcionar experiencias de aprendizaje que reflejen la realidad multifacética que Freudenthal imaginó, donde los estudiantes no solo resuelven problemas matemáticos, sino que también diseñan y crean objetos que tienen aplicaciones en el mundo real, desde la ingeniería hasta el arte (Harron et al., 2022). Los estudios analizados por Kit Ng et al. (2022) indican que, generalmente, el uso de la impresión 3D en la educación resulta en una tasa más alta de éxito en las habilidades espaciales y de representación matemática.

## 2.3 Modelización matemática e impresión 3D en contextos STEAM

La modelización matemática, un componente esencial de la educación STEAM, se beneficia de la impresión 3D al proporcionar una plataforma tangible para la exploración de conceptos abstractos y realización de ideas matemáticas en el mundo físico (Lipson y Kurman, 2013). La capacidad de transformar modelos matemáticos en objetos físicos no solo mejora la comprensión espacial y geométrica, sino que también fomenta una comprensión más profunda de las matemáticas aplicadas (Levin y Verner, 2021). La modelización 3D en la educación STEAM no solo se limita a la matemática, sino que también se extiende a aplicaciones más creativas y artísticas. La capacidad de los estudiantes para diseñar y crear objetos 3D que son tanto funcionales como estéticamente agradables les permite explorar la intersección de las matemáticas con el arte y el diseño, lo que refleja la naturaleza interdisciplinaria del aprendizaje STEAM (Nuraliev et al., 2023). Por ejemplo, la modelización de estructuras antiguas utilizando herramientas como GeoGebra, la realidad aumentada y la impresión 3D, ofrece una aproximación interdisciplinaria que entrelaza la historia, la cultura, las matemáticas y la ingeniería, proporcionando a los estudiantes una experiencia educativa rica y multimodal (El Bedewy et al., 2021).

En la educación matemática, la modelización geométrica tridimensional es particularmente relevante ya que puede ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión más intuitiva de conceptos matemáticos complejos, como la simetría, las transformaciones geométricas y las propiedades de los sólidos. Permite a los estudiantes visualizar y manipular la geometría y la topología de los objetos, lo que facilita un aprendizaje más concreto y contextualizado de conceptos matemáticos complejos (Öçal, 2021) y proporciona una comprensión más profunda de las propiedades matemáticas y físicas que definen el mundo que nos rodea (Stolbova et al., 2022). La impresión 3D ofrece una herramienta excepcional para este fin, ya que los estudiantes pueden diseñar, iterar y perfeccionar modelos geométricos, lo que refuerza el ciclo de aprendizaje experiencial (Kolb, 1984). Este enfoque práctico es esencial para el desarrollo del pensamiento crítico y la resolución de problemas (Levin y Verner, 2021). Un estudio realizado por Lin et al. (2021) encontró que el uso de modelado repetitivo y la impresión 3D en proyectos STEM mejoró significativamente la imaginación de los estudiantes y su interés en carreras relacionadas con la tecnología y la ingeniería. Este enfoque práctico permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos matemáticos en proyectos de diseño realistas, preparándolos para los desafíos de la industria moderna.

Por todo esto, la convergencia de la modelización matemática y la impresión 3D en la educación STEAM representa una sinergia transformadora que potencia el aprendizaje interdisciplinario y la aplicación práctica del conocimiento.

## 2.4 Una experiencia de modelización 3D en contextos STEAM: El oloide

En esta sección se va a presentar detalladamente una propuesta educativa que pretende integrar la modelización e impresión 3D con una perspectiva STEAM poniendo el foco en la figura geométrica denominada *oloide*.

En el ámbito de la geometría y su influencia en el desarrollo tecnológico, el oloide se destaca como un prototipo ilustrativo de la simbiosis entre forma y función (ver Figura 2.1). Originado de la mente visionaria del matemático y escultor alemán Paul Schatz, el oloide es una figura de revolución singular, cuya patente en 1969 marcó el comienzo de una exploración más profunda en las propiedades geométricas y su aplicación práctica. Este objeto geométrico, caracterizado por su habilidad para generar un movimiento de volteo continuo, simboliza la confluencia de la estética matemática con la utilidad mecánica (Dirnböck y Stachel, 1997).

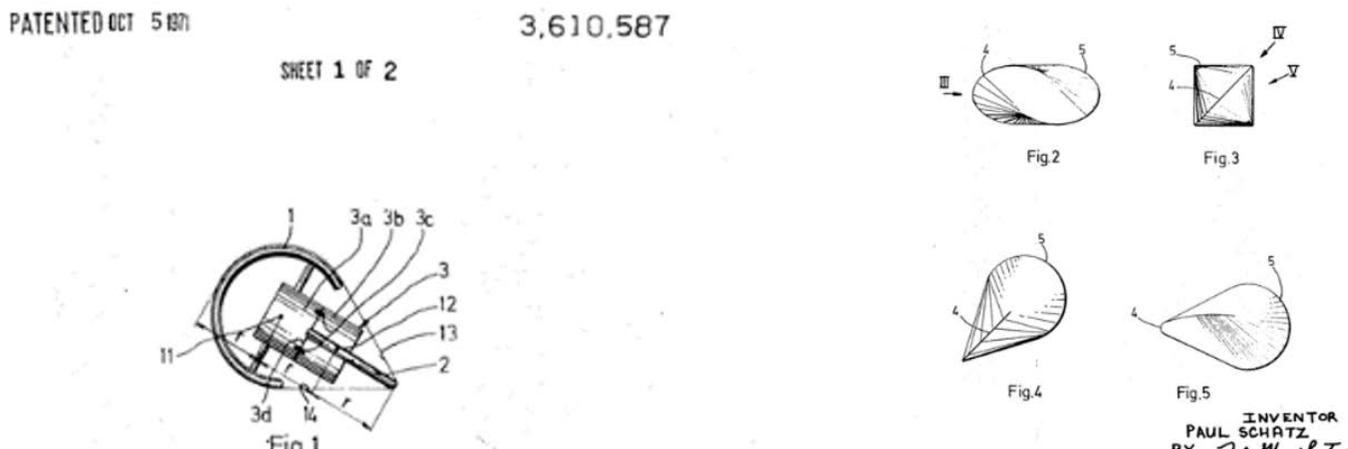


Figura 2.1: Extractos de la patente del Oloide, Paul Schatz (1969)

Desde el punto de vista matemático formal, el oloide es una superficie reglada originada por la intersección ortogonal de dos círculos congruentes, donde la distancia entre los centros es equivalente al radio común. Por tanto, su construcción geométrica se caracteriza por la generación de una superficie mediante la unión de segmentos correspondientes entre los círculos perpendiculares. Tal superficie reglada se distingue por sus singulares trayectorias durante el movimiento de rotación, donde cada punto de la superficie es capaz de contactar un plano tangente durante el ciclo de rotación completo, subrayando su carácter de objeto de anchura constante.

En las siguientes secciones se detalla una secuencia de actividades para profundizar en el análisis de las propiedades geométricas del oloide, desde el diseño hasta sus aplicaciones. Se han dividido secuencialmente en: experimentación manipulativa, modelización de las circunferencias generadoras del oloide a través de Tinkercad, propiedades matemáticas de la figura geométrica, modelización del oloide a través de BlocksCAD e impresión 3D y aplicaciones.

### 2.4.1 Experimentación manipulativa

La habilidad para visualizar y manipular objetos en tres dimensiones es esencial no solo para el estudio de la geometría misma, sino también para aplicaciones prácticas en campos tan diversos como la ingeniería, la arquitectura y el diseño gráfico. La manipulación de objetos tridimensionales facilita la transición de la comprensión bidimensional a la tridimensional, permitiendo a los estudiantes experimentar directamente con propiedades como el volumen, el área de superficie y las relaciones entre diferentes formas geométricas (Clements y Battista, 1992). Por estas razones, la propuesta parte de una actividad previa de análisis de las formas geométricas que comparten la propiedad de girar.

### 2.4.2 Análisis del volteo de figuras geométricas tridimensionales

Un posible punto de partida de la experiencia educativa parte de la pregunta: *¿qué figuras tienen la propiedad de girar?*

Las respuestas del alumnado ante esta pregunta permiten institucionalizar el vocabulario que se pretende utilizar a lo largo de la propuesta y marcar diferencias claves entre objetos geométricos circulares bidimensionales (circunferencia, círculo, elipse)

y tridimensionales (esfera, cilindro). Estos cuerpos, conocidos como sólidos de revolución o rotores, ofrecen un campo rico para la exploración matemática y la aplicación práctica, desde la ingeniería mecánica hasta el diseño industrial.

Para realizar la experimentación en el aula se puede partir del análisis diferenciado de las posibilidades de giro que tienen objetos tridimensionales como las esferas (que pueden ser modelizadas con pelotas de tenis o fútbol) y los cilindros (para los que se pueden usar rollos de papel). Posteriormente, se puede observar los elementos geométricos bidimensionales que conforman las secciones de los objetos anteriores, como los círculos.

### 2.4.3 La construcción de los círculos generadores del oloide

El oloide emerge de la unión de dos círculos perpendiculares entre sí que comparten un radio, y su estudio desafía a los estudiantes a comprender cómo dos círculos, objetos bidimensionales por excelencia, pueden interactuar en el espacio tridimensional para formar un cuerpo con propiedades únicas.

Para llevar a cabo su construcción el alumnado puede utilizar instrumentos de dibujo como regla y compás para el diseño de dos círculos de igual radio que, posteriormente, se conectan perpendicularmente formando un ángulo recto (como se puede ver en la Figura 2.2). Para el proceso de ensamblado es conveniente tener en cuenta la definición del oloide, es decir, que los dos discos se conectan perpendicularmente compartiendo un radio de ambos círculos.



Figura 2.2: Proceso de construcción de los círculos generadores del oloide con cartón

Para llevar a cabo este prototipo puede ser de interés disponer de materiales de diferente tipo: firmes (como puede ser el cartón) o más flexibles (como puede ser una cartulina). Esto puede favorecer el posterior análisis de las características del oloide y motivar la necesidad de generar un modelo más firme; por ejemplo, un modelo impreso en 3D.

Una vez se dispone de prototipos de diferentes materiales, es conveniente animar al alumnado a realizar exploraciones sobre la capacidad de rotación de los círculos generadores del oloide y a describir el movimiento que realizan en el proceso de rotación. Para realizar esta tarea puede ser interesante preparar unas preguntas previas que inviten al alumnado a reflexionar sobre la capacidad de rotación del prototipo, incluso antes de hacerlo rotar:

- ¿Cuál es la trayectoria que crees que va a realizar este objeto?
- ¿Puede realizar una rotación suave como la de un cilindro rodando o una más irregular?

Al realizar este primer análisis y encontrarse con las dificultades propias del uso de un material que no sea completamente firme se puede despertar el interés por buscar un material alternativo que favorezca un estudio más minucioso de la rotación generada por el oloide.

## 2.5 Modelización de las circunferencias generadoras del oloide a través de Tinkercad

La importancia de la modelización tridimensional en la educación matemática se fundamenta en la capacidad de los modelos para servir como representaciones concretas de entidades abstractas. Al transformar ecuaciones y teoremas en objetos manipulables, los educadores proporcionan un medio tangible para explorar relaciones espaciales, simetrías, proporciones y otras

propiedades geométricas que de otro modo serían difíciles de comprender (Gutiérrez, 1996). La modelización tridimensional actúa como un puente entre la teoría matemática y la realidad física, permitiendo a los estudiantes aplicar su conocimiento en contextos prácticos y resolver problemas complejos. Los estudiantes deben pensar sobre cómo construir sus modelos, qué formas utilizar y cómo combinarlas para lograr el resultado deseado. Este proceso de diseño y resolución de problemas es fundamental para el desarrollo cognitivo y prepara a los estudiantes para futuros desafíos en campos relacionados con STEM y STEAM (Bequette y Bequette, 2012).

La modelización de objetos de geometría tridimensional mediante plataformas como Tinkercad, una herramienta de diseño 3D accesible y basada en la nube, proporciona un entorno intuitivo para la creación de modelos geométricos complejos, facilitando así un entendimiento más profundo de las estructuras tridimensionales y sus propiedades. Al modelar objetos en Tinkercad, los estudiantes no solo aprenden sobre geometría; también adquieren habilidades en diseño asistido por computadora (CAD), que son esenciales para la alfabetización tecnológica moderna (Honey y Kanter, 2013). Esta herramienta es particularmente valiosa en el contexto educativo, ya que facilita el acceso a la modelización 3D debido a su interfaz de usuario amigable que reduce la curva de aprendizaje, permitiendo a estudiantes de todas las edades y niveles de habilidad participar en el aprendizaje práctico de conceptos matemáticos fundamentales. Al arrastrar y soltar formas geométricas básicas y modificar sus dimensiones, los estudiantes pueden explorar conceptos como la simetría, las proporciones y las relaciones espaciales de una manera visual y táctil (Johnson, 2015).

### 2.5.1 La modelización de los círculos generadores del oloide sobre Tinkercad

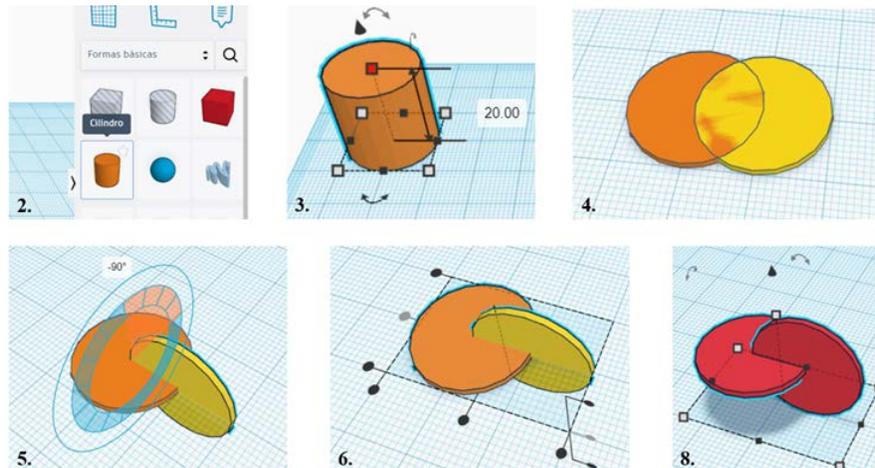
Después de la fase anterior en la que se ha invitado al alumnado a experimentar con la propiedad de rotar en objetos tridimensionales y con el prototipo de cartulina o cartón de los círculos generadores del oloide, puede ser un buen momento para construir un modelo tridimensional que se pueda imprimir en 3D. Para ello, se podrían seguir los siguientes pasos:

- 1) Abrir un espacio de trabajo sobre la herramienta web Tinkercad seleccionando la opción "crear un nuevo diseño" una vez accedido a la cuenta.
- 2) Seleccionar el cilindro dentro de la colección de "Formas Básicas" que serán la base para crear los círculos generadores del oloide.
- 3) Ajustar las dimensiones del cilindro para que tenga una altura mínima, creando así una forma de disco que representará uno de los círculos generadores. Para esto se debe tener en cuenta tanto el tamaño del modelo que se quiere generar; esto es, el grosor que debe tener el cilindro. A modo de guía, los discos de 2 mm. ofrecen una buena capacidad de rotación.
- 4) Duplicar el disco para crear el segundo círculo generador.
- 5) Utilizar las herramientas de rotación para posicionar uno de los discos de manera que esté perpendicular al otro; de hecho, Tinkercad dispone de deslizadores sencillos para ajustar el giro a 90° exactos. Puede ser necesario utilizar la vista de alzado, planta y perfil para comprobar de que los discos están perfectamente perpendiculares entre sí.
- 6) Alinear los centros de ambos discos, de forma que compartan todo un radio, utilizando las herramientas de alineación y desplazamiento de Tinkercad.
- 7) Seleccionar y unir los dos objetos para considerarlos como un único objeto mediante la herramienta "unir".
- 8) Presionar la tecla "D" el objeto se posicionará por encima del plano de trabajo. Es equivalente a subir con el deslizador de cono negro pequeño.

Los pasos mencionados se pueden visualizar en el siguiente enlace de la plataforma Tinkercad:

<https://bit.ly/CircunferenciasOloideTinkercad>

Además, en la Figura 5.3 se muestran algunos de los pasos indicados.



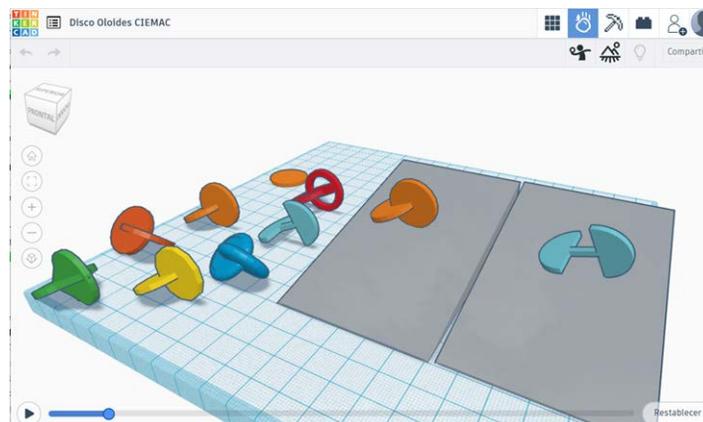
**Figura 5.3:** Pasos del proceso de la modelización de los círculos generadores del oloide en Tinkercad

Asimismo, se pueden descargar los prototipos tridimensionales para ser impresos en una impresora 3D. Una actividad complementaria de interés puede ser el análisis de la forma óptima de impresión de los discos, dado que puede ser útil imprimir los discos por separado y juntarlos posteriormente, ahorrando material de impresión en el uso de soportes. Para poder realizar esta última acción puede ser necesario modificar la estructura del disco, generando hendiduras que permitan conectarlo de forma ortogonal a otro disco. En el siguiente enlace <https://bit.ly/STLCirculoOloide> se encuentran dos discos separados con hendiduras para facilitar la posterior conexión perpendicular.

## 2.5.2 La experimentación con los círculos generadores del oloide en Tinkercad

Recientemente, la herramienta Tinkercad ha incorporado lo que denomina el *Sim Lab* que ofrece la capacidad de incorporar parámetros gravitacionales y asignar propiedades materiales específicas a modelos tridimensionales. Mediante la activación de la función *Reproducir*, los objetos modelados se comportan de acuerdo con sus atributos intrínsecos y los efectos de gravedad aplicados, emulando así el movimiento y la interacción conforme a las leyes de la física.

En el siguiente enlace compartido se encuentra la posibilidad de experimentar en el *Sim Lab* con varios diseños diferentes de los círculos generadores del oloide. En la Figura 5.4 y en el enlace <https://bit.ly/DiseñosDiscosOloide> se observan diferentes diseños de los discos que modelizan los círculos generadores del oloide junto a una rampa sobre la que poder realizar la simulación de rotación.



**Figura 5.4:** Diferentes modelizaciones de los círculos generadores del oloide en el Sim Lab

Algunos de los problemas que se pueden responder a través de la experimentación sobre la plataforma de simulación de Tinkercad son los siguientes:

- ¿Qué versión de los círculos generadores del oloide gira mejor en el simulador?
- ¿Qué características tiene el borde del disco que mejor gira en el simulador?

Estas preguntas permiten analizar las diferentes opciones de configuración de los bordes del disco con el objetivo de conocer las mejores opciones para la impresión.

## 2.6 Propiedades matemáticas de la figura geométrica

La habilidad para analizar y manipular mentalmente objetos tridimensionales es una competencia clave en situaciones de la vida real. La capacidad de visualizar y rotar estos objetos en la mente es un indicador de habilidades de pensamiento crítico y abstracto avanzadas (Clements y Battista, 1992). La educación que enfatiza el análisis de las propiedades matemáticas de la geometría tridimensional fomenta el desarrollo de estas habilidades cognitivas esenciales.

La forma del oloide, con su superficie continua y sin aristas, ofrece un estudio intrigante de las propiedades de las curvas y superficies, así como de las relaciones espaciales que surgen de su construcción geométrica (Dirnböck y Schatz, 1997).

### 2.6.1 El análisis del oloide a través de la manipulación de los círculos que lo generan

Después de la fase anterior en la que se ha invitado al alumnado a experimentar con la aplicación web de Tinkercad y de generar un modelo de los círculos que lo generan puede ser interesante investigar las características de rotación de este. Entre las preguntas que se pueden resolver se encuentran:

- ¿La trayectoria de los círculos que generan el oloide depende del punto de aplicación y la dirección del impulso inicial?
- ¿Varía la trayectoria del oloide al ser empujado manualmente en comparación con su descenso por una rampa?
- ¿Es posible que el oloide alcance cualquier punto de una superficie plana con un solo impulso o se requieren múltiples impulsos? ¿Necesita rotación adicional?
- ¿De qué forma se detiene el oloide tras ser lanzado? ¿Es consistente este comportamiento en cada intento?

Estas preguntas son solo una muestra de las preguntas abiertas que pueden tratar de responderse a través de la manipulación del prototipo diseñado e impreso en 3D. Se observa que también se puede tratar de dar respuesta a las mismas con los diseños de cartulina o cartón mencionados previamente.

### 2.6.2 Las matemáticas que definen el oloide

El oloide es un sólido de revolución generado por la rotación de un círculo a lo largo de una trayectoria que interseca otro círculo del mismo diámetro en ángulo recto. Este objeto, que pertenece a la familia de los sólidos de desarrollo, es único en su capacidad para desenrollarse completamente sobre una superficie plana, creando una huella continua y sin solapamientos, una propiedad que no se encuentra en figuras más convencionales como la esfera o el cilindro.

Para el alumnado de los últimos cursos de educación secundaria, se pueden plantear problemas de diferente tipo que conectan las circunferencias que generan el oloide con el oloide en sí, problemas en los que intervienen contenidos como el teorema de Pitágoras y el cálculo de distancias entre puntos en el espacio: *¿qué distancia tienen los segmentos que conectan dos puntos de las circunferencias que generan el oloide?*

Como resultado de esta experimentación, se obtiene que la longitud de los segmentos que definen el oloide a partir de sus circunferencias generadoras es la raíz cuadrada de 3.

Las ecuaciones que definen las circunferencias que generan el posterior oloide son las que se pueden ver en la Figura 5.5 junto con su representación tridimensional.

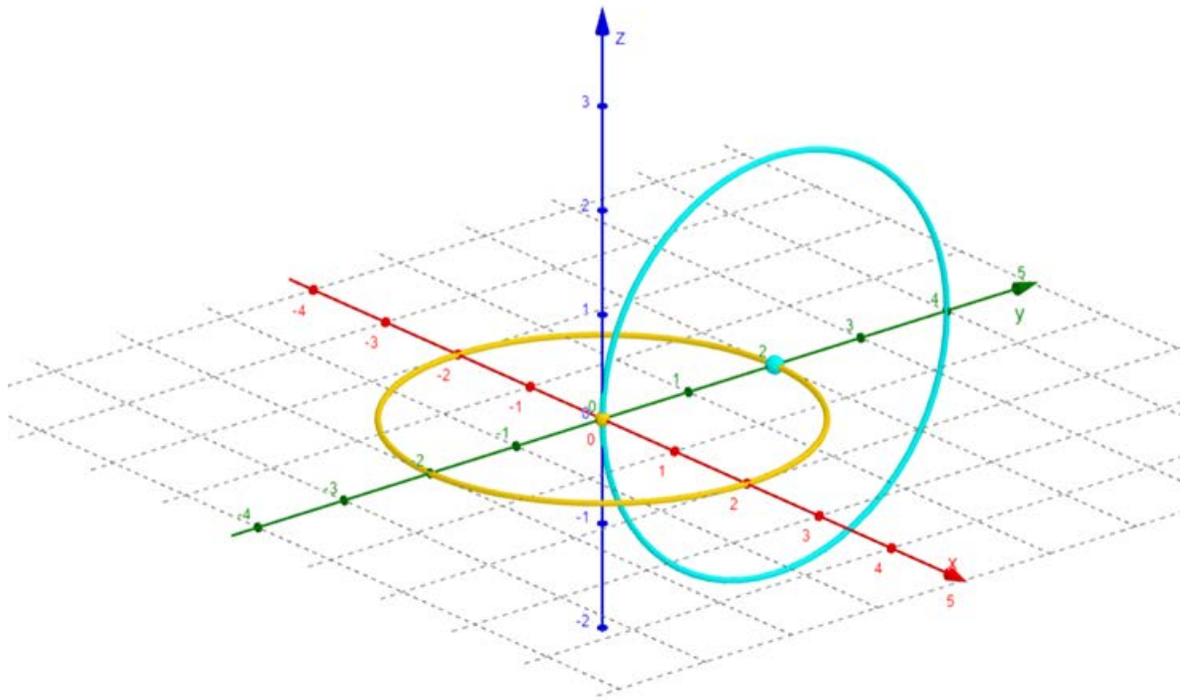


Figura 5.5: Las circunferencias que generan el oloide y su representación en 3D

## 2.7 Modelización del oloide a través de BlocksCAD

La modelización de objetos tridimensionales a través de la programación por bloques, como BlocksCAD, fomenta el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional, como la abstracción, la descomposición de problemas y el pensamiento algorítmico. Estas habilidades son transferibles a una amplia gama de disciplinas y problemas, y son fundamentales para la educación STEM (Brennan y Resnick, 2012).

BlocksCAD, en particular, permite a los usuarios crear modelos tridimensionales mediante una interfaz visual basada en bloques, que abstrae la sintaxis del código y se centra en la lógica de la programación. Esta metodología es especialmente beneficiosa en el contexto educativo, ya que reduce la barrera de entrada para los estudiantes que pueden no tener experiencia previa en codificación (Weintrop y Wilensky, 2017). La programación por bloques permite a los estudiantes visualizar el resultado de cada componente de su código en tiempo real, lo que refuerza su comprensión de cómo los cambios en las dimensiones y las relaciones entre los objetos afectan al producto final. Este tipo de retroalimentación inmediata es invaluable para el aprendizaje matemático, ya que promueve un ciclo iterativo de hipótesis, experimentación y revisión (Bau et al., 2015).

### 2.7.1 El proceso de construcción sobre BlocksCAD

El proceso es similar a la construcción con Tinkercad, sin embargo, cada acción, ya sea un deslizamiento, una herramienta específica o una transformación, requiere la implementación de al menos un bloque de código. A medida que se van integrando y manipulando los distintos bloques de código, es posible observar el desarrollo del modelo en tiempo real. Esto se logra mediante el uso del botón *Hacer*, que activa una previsualización dinámica en el panel visual situado a la izquierda de la interfaz. Cabe destacar que cada vez que se emplea el botón *Hacer*, el sistema reinicia y ejecuta de nuevo todos los bloques de código presentes en el área de trabajo. Por ejemplo, estos podrían ser los pasos para la generación del modelo del oloide en BlocksCAD:

- 1) Iniciar el proceso de modelado tridimensional accediendo a BlocksCAD, una interfaz web para la programación visual. Es esencial iniciar sesión y guardar manualmente los avances en el diseño, debido a la ausencia de una función de

autoguardado en la plataforma. Este procedimiento garantiza la preservación de los datos de diseño a lo largo de la sesión de modelado.

- 2) Acceder al menú lateral para seleccionar las primitivas de las formas geométricas. Primeramente, elegir dos cilindros de la categoría *Formas 3D*, identificable por su tono verde oscuro. Estos cilindros serán los discos que formarán la estructura principal del oloide, para ello, se ajustarán los parámetros disponibles: arista y altura.
- 3) Emplear el bloque de código de *Transformaciones*, visualmente diferenciado por su color azul, para realizar la rotación angular de los discos. Cada disco puede ser rotado 90 grados en el eje X o Y, pero no simultáneamente en ambos ejes.
- 4) Posterior a la rotación, es necesario reposicionar uno de los discos para que solamente compartan un radio, en lugar de un diámetro completo. Para ello, utilizar el bloque *Trasladar* para mover el disco rotado una distancia equivalente a un radio (en el ejemplo, 10 mm) en la dirección del eje de rotación.
- 5) Utilizar el bloque *Unión* de la sección *Ops. de conjuntos* para fusionar ambos discos en un único objeto geométrico. Aunque esta acción no produce una alteración visual significativa respecto al paso anterior, es esencial para la consolidación de los discos en una pieza unificada, facilitando su exportación mediante el botón *Generar STL*.
- 6) Para la construcción de un oloide completo, substituir el bloque de *Unión* por el bloque de *Envoltura convexa*. Este ajuste en el proceso de modelado resulta en la formación de un oloide, con las características geométricas definidas.
- 7) Para incrementar la complejidad de la programación con bloques de código se puede considerar la introducción de variables. Estas pueden regular aspectos como el grosor o el radio de los discos. La exploración de discos con radios diferentes abre nuevas dimensiones en el análisis y diseño del oloide.

En la Figura 5.6 se muestran resultados asociados con algunos de los pasos descritos anteriormente.

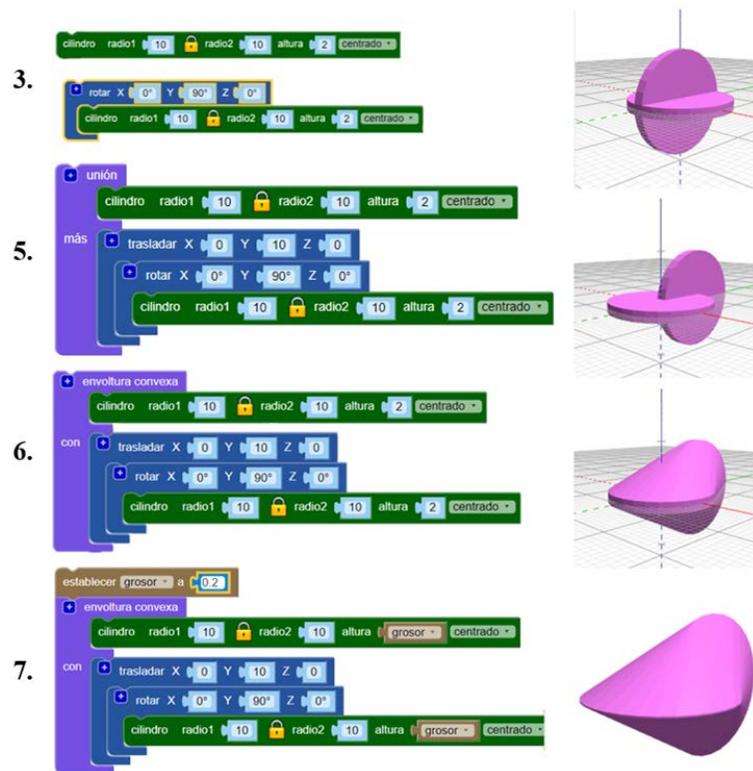


Figura 5.6: Pasos del proceso de creación del oloide en BlocksCAD

En <https://bit.ly/OloideBlocksCAD> se pueden encontrar las versiones de los pasos 5 y 7. Se recomienda activar el bloque de código deseado haciendo clic derecho y *Habilitar* antes de su generación.

## 2.8 Impresión 3D y aplicaciones

La tecnología de impresión 3D ha revolucionado la forma en que los estudiantes pueden interactuar con la geometría, permitiéndoles crear y explorar modelos físicos de conceptos que anteriormente solo podían visualizar en dos dimensiones o en el espacio abstracto de su imaginación (Buehler et al., 2015). Además, la impresión 3D ofrece una aplicación directa de conceptos matemáticos en contextos reales y prácticos, lo que mejora la relevancia percibida de la matemática en la vida cotidiana y profesional de los estudiantes. Al ver cómo los objetos geométricos pueden ser creados y utilizados en el mundo real, los estudiantes pueden apreciar más profundamente la utilidad y la belleza de la matemática (Schelly et al., 2015).

La impresión 3D también promueve la interdisciplinariedad dentro de la educación STEAM, al integrar la geometría con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las artes. Los estudiantes no solo aprenden sobre geometría tridimensional, sino que también adquieren conocimientos en diseño asistido por computadora (CAD), ingeniería de materiales y procesos de fabricación, preparándolos para las demandas de la economía del conocimiento (Ford y Minshall, 2019).

### 2.8.1 El proceso de impresión 3D del oloide

Las características geométricas que definen el oloide, particularmente cuando se busca optimizar el material de impresión al minimizar el uso de soportes estructurales, requiere de dividir el oloide en dos mitades. A continuación, se describe el proceso de impresión:

- 1) Preparación del modelo 3D. Una vez se dispone del modelo tridimensional completo utilizando software de modelado 3D, se divide en dos mitades iguales. Esta división se realiza de manera que las superficies de corte sean planas, cortando por el plano que contiene a una de las dos circunferencias de la Figura 5.5.
- 2) Orientación de las Mitades para la Impresión. Cada mitad del oloide se orienta en la plataforma de impresión de tal manera que la superficie plana de corte quede en contacto con la base de impresión. Esta orientación es crucial para reducir la necesidad de soportes estructurales, ya que las superficies curvas del oloide, si se imprimen directamente sobre la base, pueden requerir soportes extensos para evitar deformaciones o caídas durante la impresión.
- 3) Impresión de las Mitades. Se procede a la impresión de cada mitad del oloide. Puede ser necesario eliminar pequeñas imperfecciones en la superficie del oloide.
- 4) Ensamblaje del Oloide. Las dos mitades se unen para formar el oloide completo. Esto se puede hacer utilizando adhesivos apropiados para el material de impresión (como puede ser el pegamento de rápida adhesión), asegurando que las mitades se alineen correctamente y formen una estructura sólida y uniforme.

De esta forma no solo se elimina la necesidad de soportes, sino que también puede mejorar la calidad de la impresión al minimizar las deformaciones y facilitar el manejo de las piezas durante el proceso de impresión y post-procesamiento. En el siguiente enlace <https://bit.ly/STLOloide> se puede acceder al archivo para su impresión.

### 2.8.2 Aplicaciones del oloide en otros ámbitos STEAM

La importancia de estudiar el oloide radica en su movimiento de rodadura, que es excepcionalmente suave y armonioso, lo que lo hace relevante para aplicaciones prácticas como la mezcla de materiales, la aerodinámica y la hidrodinámica. La forma en que el oloide transfiere puntos de su superficie a un plano durante la rodadura puede inspirar diseños innovadores en campos que requieren movimientos eficientes y uniformes (Pöppe, 1989). Por ejemplo, se ha explorado su uso en el diseño de ruedas para vehículos y robots, donde su movimiento único puede ofrecer ventajas en términos de tracción y estabilidad (Braun, 1993).

Además, su forma y las características de movimiento que presenta son de interés en la hidrodinámica y la aerodinámica. Una de las aplicaciones más notables del oloide en el flujo de fluidos se encuentra en su capacidad para mezclar eficientemente líquidos. La forma del oloide, al girar dentro de un fluido, genera un patrón de flujo complejo y altamente eficiente. Este patrón de mezcla es significativamente diferente del creado por agitadores tradicionales, ya que el oloide induce un movimiento tridimensional que abarca tanto la rotación como la traslación. Esta característica lo hace ideal para aplicaciones en las que se requiere una mezcla homogénea y suave, como en la industria química, farmacéutica y de procesamiento de alimentos.

En el campo de la ingeniería ambiental (Olbrich-Majer, 2016), el oloide ha demostrado ser útil en sistemas de tratamiento de aguas residuales. Su movimiento único facilita la aireación y mezcla de agua en tanques de tratamiento, mejorando la eficiencia del proceso de descontaminación. Esta aplicación es particularmente valiosa, ya que ofrece una alternativa energéticamente eficiente a los métodos convencionales de aireación y mezcla.

## 2.9 Conclusiones

Este documento trata de resaltar la función central de las matemáticas como el lenguaje unificador de las disciplinas STEAM, apoyando la visión de Freudenthal (1991) sobre la enseñanza de la matemática como una actividad humana interconectada con elementos reales y relevantes para la sociedad. La impresión 3D emerge como un agente de cambio en la educación STEAM, proporcionando un enlace concreto entre el estudio teórico de las matemáticas y su aplicación práctica, en línea con las observaciones de Sun y Li (2017). Este enfoque no solo encarna la interdisciplinariedad inherente al enfoque STEAM sino que también proporciona una plataforma para la exploración creativa y la innovación.

La investigación de Lee et al. (2015) y la revisión sistemática de Kit Ng et al. (2022) demuestran cómo la impresión en 3D, al transformar los conceptos matemáticos en objetos físicos, promueve un entendimiento más amplio y un reconocimiento estético de la disciplina matemática. La modelización matemática 3D, beneficiándose de la impresión 3D, proporciona una plataforma tangible para la exploración de conceptos abstractos y la realización de ideas matemáticas en el mundo físico, tal como lo señalan Lipson y Kurman (2013) y Levin y Verner (2021). Este enfoque interdisciplinario no solo es fundamental para la comprensión conceptual, sino que también es crucial para fomentar la capacidad de innovación y resolución de problemas en los estudiantes.

La convergencia de la modelización matemática y la impresión 3D en la educación STEAM, como se ejemplifica con el estudio del oloide, representa una sinergia transformadora que potencia el aprendizaje interdisciplinario y la aplicación práctica del conocimiento. Esto es coherente con la visión de Harron et al. (2022), quienes destacan la importancia de integrar la impresión 3D en la educación matemática para proporcionar experiencias que reflejen la realidad multifacética imaginada por Freudenthal, donde los estudiantes no solo resuelven problemas matemáticos, sino que también diseñan y crean objetos con aplicaciones en el mundo real.

En conclusión, este análisis sugiere un futuro prometedor para la educación STEAM, donde la interacción entre matemáticas y tecnología emergente juega un papel crucial en el enriquecimiento de la experiencia educativa, respaldando las perspectivas de autores como Hsiao y Su (2021) y Zapata, Arias-Flores y Alvarez (2022) sobre el impacto de la integración de tecnologías emergentes en la educación.

## 2.10 Referencias bibliográficas

- 1 Bau, D., Bau, A., Dawson, M. y Pickens, C. (2015). Pencil Code: Block code for a text world. *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children*, 445-448. <http://dx.doi.org/10.1145/2771839.2771875>
- 2 Bequette, J. W. y Bequette, M. B. (2012). A place for ART and DESIGN education in the STEM conversation. *Art Education*, 65(2), 40-47. <https://doi.org/10.1080/00043125.2012.11519167>
- 3 Braun, H. (1993). The Oloid: A Study in Geometric Motion and Its Applications. *Engineering and Design Review*.
- 4 Brennan, K. y Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association*. [http://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/Brennan\\_Resnick\\_AERA2012\\_CT.pdf](http://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/Brennan_Resnick_AERA2012_CT.pdf)
- 5 Buehler, E., Branham, S., Ali, A., Chang, J., Hofmann, M. K., Hurst, A. y Kane, S. (2015). Sharing is caring: Assistive technology designs on Thingiverse. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 525-534.
- 6 Clements, D. H. y Battista, M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*, (pp. 420-464). Macmillan.

- 7 Dirnböck, H. y Stachel, H. (1997). The Development of the Oloid. *Journal for Geometry and Graphics*, 1(2), 105-118.
- 8 El Bedewy, S., Choi, K., Lavicza, Z., Fenyvesi, K. y Houghton, T. (2021). STEAM Practices to Explore Ancient Architectures Using Augmented Reality and 3D Printing with GeoGebra. *Education Sciences*, 11(1). <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0150>
- 9 Freudenthal, H. (1991). *Revisiting Mathematics Education: China Lectures*, Kluwer, Dordrecht, Reidel Publishing Co.
- 10 Gutiérrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. *Proceedings of the 20th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 1, 3-19.
- 11 Harron, J., Emert, R., Thomas, D. M. y Campana, J. (2022). Laying the Groundwork for STEAM: Scaling and Supporting 3D Design and Printing in Higher Education. *Frontiers in Education*, 6, 763362. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.763362>
- 12 Honey, M. y Kanter, D. E. (Eds.). (2013). *Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203108352>
- 13 Hsiao, P.-W. y Su, C.-H. (2021). A Study on the Impact of STEAM Education for Sustainable Development Courses and Its Effects on Student Motivation and Learning. *Sustainability*, 13, 3772. <https://doi.org/10.3390/su13073772>
- 14 Johnson, S. D. (2015). Making makers in the classroom: A new approach to learning design. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 5(1), Article 4.
- 15 Kit Ng, D. T., Tsui, M. F. y Yuen, M. (2022). Exploring the use of 3D printing in mathematics education: A scoping review. *Asian Journal for Mathematics Education*, 1(3), 338-358. <https://doi.org/10.1177/27527263221129357>
- 16 Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc.
- 17 Lee, S. G., Lee, J. Y., Park, K. E., Lee, J. H. y Ahn, S. (2015). Mathematics, Art and 3D-Printing in STEAM Education. *Journal of the Korean Society of Mathematical Education Series E: Communications of Mathematical Education*, 29(1), 35-53. <https://doi.org/10.7468/jksmee.2015.29.1.35>
- 18 Levin, L. y Verner, I. (2021). Student practice in 3D design and printing for promoting analytical and applied mathematical thinking skills. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 11(3). <https://doi.org/10.3991/ijep.v11i3.19893>
- 19 Lipson, H. y Kurman, M. (2013). *Fabricated: The New World of 3D Printing*. John Wiley & Sons.
- 20 Lytra, N. y Drigas, A. (2021). STEAM education- metacognition - Specific Learning Disabilities. *Scientific Electronic Archives*, 14(10). <https://doi.org/10.36560/141020211442>
- 21 Nuraliev, F. M., Morozov, M. N., Giyosov, U. y Yorkulov, J. (2023). About the application of the R-function for geometric modeling of 3D objects of complex shapes in a virtual educational environment. *National Virtual University Platform*. <https://doi.org/10.7256/2454-0714.2023.3.36937>
- 22 Öçal, T. y Halmatov, M. (2021). 3D geometric thinking skills of preschool children. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 13(2), 1508-1526.
- 23 Olbrich-Majer, M. (2016). *Zum schütteln und rühren. Lebendige Erde*. [https://www.lebendigeerde.de/index.php?id=portrait\\_162](https://www.lebendigeerde.de/index.php?id=portrait_162)
- 24 Pöppe, C. (1989). The oloide and other objects of Paul Schatz. *Mathematical Intelligencer*, 11(2), 52-56.
- 25 Pellas, N., Dengel, A. y Christopoulos, A. (2020). A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(4), 748-761 <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3019405>
- 26 Schatz, P. (1969). *Tumbling Apparatus (3 610 587)*. United States Patent Office. <https://bit.ly/OloidPatent>

- 27 Schelly, C., Anzalone, G., Wijnen, B. y Pearce, J. M. (2015). Open-source 3D-printing technologies for education: Bringing additive manufacturing to the classroom. *Journal of Visual Languages & Computing*, 28, 226-237.  
[http://digitalcommons.mtu.edu/materials\\_fp/47](http://digitalcommons.mtu.edu/materials_fp/47)
- 28 Stolbova, I., Pichkaleva, O. y Nosov, K. (2022). Digital 3D Model in Geometric and Graphic Education. En *2022 VI International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)* (pp. 1-6). Moscow, Russian Federation.  
<https://doi.org/10.1109/Inforino53888.2022.9782896>
- 29 Sun, Y. y Li, Q. (2017). The application of 3D printing in mathematics education. En *2017 12th International Conference on Computer Science and Education (ICCSE)* (pp. 47-50). Houston, TX, USA. IEEE.  
<https://doi.org/10.1109/ICCSE.2017.8085461>
- 30 Weintrop, D. y Wilensky, U. (2017). Comparing block-based and text-based programming in high school computer science classrooms. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 18(1), 1-25.
- 31 Zapata, M., Arias-Flores, H. y Alvarez, J. (2022). STEAM and Educational Applications with 3D Printing. In: Emilio Rossi and Massimo Di Nicolantonio (eds) *Additive Manufacturing, Modeling Systems and 3D Prototyping*. AHFE (2022) International Conference. *AHFE Open Access*, vol 34. AHFE International, USA. <http://doi.org/10.54941/ahfe1001593>