

UNIVERSIDAD DE BURGOS

FACULTAD DE EDUCACIÓN



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN E  
INNOVACIÓN EDUCATIVAS

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

CURSO 2023 - 2024

***La experimentación en la educación  
STEAM integrada: aproximación a la  
fundamentación teórica y diseño de una  
Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje  
piloto***

Alumna: Patricia Blázquez Martín

Director: Jairo Ortiz Revilla

## Índice

Resumen.....	3
1. Introducción.....	4
2. Fundamentación teórica.....	7
2.1. De la naturaleza disciplinar de STEM a la educación STEAM integrada.....	7
2.2. De la experimentación disciplinar a la fundamentación de la experimentación STEAM integrada .....	14
3. Diseño y justificación teórica de una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje experimental STEAM piloto.....	21
4. Conclusiones y prospectiva.....	34
5. Referencias bibliográficas .....	37
Anexo 0.....	45

## Resumen

Desde la aparición de la educación integrada, el enfoque STEAM se ha expandido a nivel internacional en los últimos años. Este enfoque implica el uso de diferentes metodologías activas, entre las que se debe añadir la metodología de la experimentación. Sin embargo, en este trabajo se comienza a diferenciar entre experimentación disciplinar y experimentación integrada. Así, los objetivos de esta investigación son: plantear un encuadre teórico sobre las características de la experimentación STEAM integrada y desarrollar una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje (SEA) STEAM piloto desde la metodología de la experimentación. Tras la exposición de la naturaleza de cada una de las disciplinas que conforman este enfoque (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), se extraen algunas características competenciales para la fundamentación de una experimentación STEAM integrada, junto a las que se ofrece un conjunto de pautas para el desarrollo de SEAs. Por último, se presenta una SEA STEAM piloto adaptable a diferentes niveles. Este trabajo asienta las primeras bases para la planificación de SEAs que permitan el desarrollo de competencias experimentales STEAM. También contribuye a definir con mayor precisión la naturaleza de STEAM. Como futuras líneas de investigación se plantea la ampliación de los referenciales teóricos, la discusión de la viabilidad de las características competenciales para la experimentación STEAM integrada, la afinación de las características de esta metodología; y la evaluación de la implementación de SEAs.

**Palabras clave:** metodología experimental, educación STEAM integrada, experimentación, Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje, interdisciplinariedad.

## Abstract

Since the appearance of integrated education, the STEAM approach has expanded internationally in recent years. This approach involves the use of different active methodologies, among which the hands-on methodology must be added. However, in this work we begin to differentiate between disciplinary experimentation and integrated experimentation. Thus, the objectives of this research are to propose a

theoretical framework on the characteristics of integrated STEAM experimentation and to develop a pilot STEAM Teaching-Learning Sequence (TLS) from the methodology of experimentation. After exposing the nature of each of the disciplines that make up this approach (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), some competency characteristics are extracted for the foundation of an integrated STEAM experimentation, along with which a set of guidelines is offered for the development of TLSs. Finally, a pilot TLS STEAM adaptable to diverse levels is presented. This work lays the first foundations for the planning of TLSs that allow the development of experimental STEAM skills. It also helps to define more precisely the nature of STEAM. As future lines of research are proposed the expansion of theoretical references, the discussion of the feasibility of competency characteristics for integrated STEAM experimentation, the refinement the characteristics of this methodology and the evaluation of the implementation of TLSs.

**Keywords:** hands-on methodology, integrated STEAM education, experimentation, Teaching-Learning Sequence, interdisciplinarity.

## 1. Introducción

Desde la aparición de la educación integrada, su aplicación en los centros educativos se ha visto incrementada exponencialmente. Al contrario de la enseñanza tradicional, donde cada disciplina se enseña aislada de las demás, el aprendizaje integrado promueve la interacción de distintas materias en un único contexto, así los conocimientos adquiridos son un reflejo más semejante a la sociedad, donde las situaciones que se nos plantean necesitan de conocimientos de distintas disciplinas y temáticas simultáneamente (Committee on Highly Successful Schools or Programs for K-12 STEM Education, 2011). Un ejemplo de esta integración disciplinar en la sociedad lo podemos encontrar en la pandemia causada por el COVID-19. En aquel momento histórico se pudo observar a profesionales de gran diversidad de áreas trabajando en un mismo problema. Numerosos científicos trataban de explicar de dónde procedía el virus, cómo se propagaba, la sintomatología...; desde el ámbito matemático se desarrollaban

gráficos y estadísticas para exponer la situación día a día; los expertos en tecnología mejoraron los sistemas informáticos para mejorar las telecomunicaciones en una situación de aislamiento social; los ingenieros desarrollaron y modificaron infraestructuras que facilitaran la distancia social y la atención médica; también pudimos ver cómo la industria de la moda y las artes se involucraba en esta situación a través del aprovechamiento de sus fábricas para la confección de equipos de protección individual (EPIs) y el diseño de mascarillas entre otros.

Dentro de esta visión de aprendizaje, la educación STEM integrada presenta un enfoque educativo muy expandido a nivel internacional en los últimos años. Este enfoque busca la integración de las cuatro disciplinas cuyas siglas en inglés conforman su nombre: ciencias (science), tecnología (technology), ingeniería (engineering) y matemáticas (mathematics). La finalidad del enfoque STEM es educar alumnado plenamente competente en su vida diaria y colectiva (Ortiz-Revilla et al., 2022). El enfoque STEM permite el desarrollo de la alfabetización del alumnado, sin limitarse a los términos específicos de cada disciplina proporciona información útil y herramientas para el correcto desempeño de su vida en sociedad (Ortiz-Revilla et al., 2020).

Este enfoque se ha visto ampliado en los últimos años, de STEM a STEAM, añadiendo las artes y las humanidades, llevando al siguiente nivel la integración de las materias estudiadas en las escuelas, originando clases más amenas, un incremento de la participación y un aprendizaje profundo de los contenidos (An et al., 2022). Sin embargo, esta integración no debe suponer una mera decoración, sino que debe tener como objetivo el aprendizaje de las artes y su uso en situaciones reales (Sanz-Camarero et al., 2023a, 2023b).

El acrónimo STEM ha sido utilizado como etiqueta genérica para caracterizar cualquier evento, práctica y programa que ponga su foco en una o más de sus disciplinas sin la necesidad de que sean integradas (Bybee, 2010). Así mismo, también se ha llegado a denominar competencia en algunas leyes educativas:

“La competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (competencia STEM por sus siglas en inglés) entraña la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de forma comprometida, responsable y sostenible.” (Gobierno de España, s.f.)

Así, es común encontrar literatura que use del acrónimo STEM o STEAM, sin embargo, es frecuente que las características adjudicadas a este concepto varíen dependiendo de los autores: Entre otros, Gautreau et al. (2022) hablan en su trabajo de la importancia de las carreras STEM y de ofrecer apoyo a los estudiantes latinos en las materias de ciencias y matemáticas; Hong et al. (2020) tratan el STEAM desde la integración de las disciplinas que lo conforman; o Bustamante-Meza et al. (2022) se refieren a STEM como un conjunto de habilidades. Se vuelve necesario, por tanto, aclarar que en la educación STEAM integrada es imprescindible que varias de las disciplinas que la componen converjan en una misma actividad no existiendo una frontera clara entre ellas (Ortiz-Revilla et al., 2020).

Dentro del enfoque STEAM es habitual el uso de varias metodologías activas, entre las que destacan: el diseño (Hallström y Ankiewicz, 2023; O’Neill, 2022), la indagación (Govaerts et al., 2013; Runnel et al., 2013) y el aprendizaje basado en proyectos (Lou et al., 2010). Sin embargo, el uso de estas tres metodologías puede parecer escaso si no añadimos a la lista la metodología de la experimentación, nombrada en inglés como *hands-on methodology* (Azevedo da Silveira y Scavardado-Carmo, 1999) que habitualmente es considerada un tipo de actividad y no una metodología en sí misma. Este hecho implica que no se aluda a una metodología de la experimentación, pero sí al uso de sus actividades características dentro de otras metodologías. El ejemplo más ilustrativo reside en la metodología de la indagación dentro de la didáctica de las ciencias experimentales, donde se utiliza la experimentación para el desarrollo de un método de indagación (Minner et al., 2010).

Esto ha causado un vacío en la literatura en lo referente a la metodología de la experimentación en la educación STEAM integrada (Hong et al., 2020), el cual

provoca un desconocimiento general de esta, de sus características y de los rasgos que un experimento debe poseer a fin de que sea adecuado para el enfoque STEAM. Así pues, en este trabajo diferenciaremos entre la experimentación disciplinaria tradicional, es decir, la experimentación realizada en cada una de las disciplinas que conforman STEAM de forma aislada; y lo que aquí denominamos “experimentación STEAM integrada”, para hacer referencia a la metodología de la experimentación desarrollada en el marco o contexto del enfoque STEAM, lo que constituye la temática principal de este trabajo. En todo caso, conviene aclarar que el presente trabajo no desestima la importancia de la experimentación desarrollada en cada materia, sino precisamente preservar su naturaleza y buscar una experimentación más acorde a una educación STEAM integrada.

Ante este panorama, los objetivos planteados para este trabajo son los siguientes:

- Plantear un encuadre teórico sobre las características de la experimentación STEAM integrada.
- Desarrollar una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje STEAM piloto desde la metodología de la experimentación.

## **2. Fundamentación teórica**

### **2.1. De la naturaleza disciplinar de STEM a la educación STEAM integrada**

Para aproximarnos a la educación STEAM integrada, es necesario comenzar comprendiendo cada una de las disciplinas que conforman el acrónimo STEAM y por qué son relevantes a la hora de la integración.

Las ciencias han sido definidas como un conjunto de conocimientos sobre una materia que tratan de describir y explicar lo observado, así como de predecir acontecimientos futuros, con el objetivo de descubrir y formular las leyes de las que dependen (Suárez-Íñiguez, 2004). De acuerdo con lo anterior, Rogers (1983) afirma que las explicaciones científicas establecen las leyes generales por las que se conectan eventos empíricos y es posible hacer predicciones de eventos futuros.

Antink-Meyer y Brown (2019), por su parte, comentan que la Naturaleza de las Ciencias permite a las personas comprender el sentido del mundo natural y tomar decisiones relacionadas al mismo. En acuerdo con esta afirmación, otros autores también comentan la importancia de la alfabetización científica para la toma de decisiones personales y sociales bien informadas con respecto a asuntos socio científicos (Erduran, 2014; Pleasants et al., 2019). Por este motivo, en todo el mundo se han realizado reformas curriculares que introducen la educación científica para futuros científicos y ciudadanía común, con el fin de lograr una ciudadanía informada (Erduran, 2014).

Continuando con la tecnología, el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua (2024) atribuye un total de 4 acepciones al término “tecnología” entre las que se encuentran: “1-Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico, y 4-Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto.” Sin embargo, con apoyo de la literatura científica que trata la naturaleza de la tecnología podemos desarrollar una definición más extensa. Algunos autores hablan de la tecnología como conjunto de herramientas físicas, instrumentos del proceso científico y/o artefactos (Kruse, 2013; Waight y Abd-El-Khalick, 2012; Warnik y Stemhagen, 2007). Por otro lado, también comentan que la tecnología no tiene como objetivo el propio conocimiento, sino que se debe centrar en el proceso de creación y desarrollo de artefactos por medio del uso del conocimiento práctico y científico que tiene como propósito satisfacer las necesidades del ser humano, proceso en el que se debe incluir la innovación (Kruse, 2013; Meijers, 2009; Warnik y Stemhagen, 2007). La tecnología, por tanto, es “el resultado de la intención humana como oposición a los accidentes de la naturaleza” (Pleasants et al., 2019, p.574), es decir el hombre desarrolla procesos técnicos o sistemas por los que crea artefactos tecnológicos partiendo de conocimientos previos e innovación. Sin embargo, para lo que a este trabajo respecta, la tecnología no tiene por qué centrarse en el artefacto en sí, sino que debe estudiar el proceso de diseño, desarrollo, implementación y adopción tecnológica, así como los impactos generados en la política, la economía y cultura, y los beneficios y obstáculos de la propia tecnología (Waight y Abd-El-Khalick, 2012).

Siguiendo con el acrónimo de STEAM, para Cunningham y Carlsen (2014, p.2) la ingeniería “es la aplicación de la ciencia.” Así, la ingeniería es un método formalizado de diseño de sistemas, procesos y artefactos que satisfacen las necesidades de las personas utilizando el conocimiento científico y la experiencia práctica (Antink-Meyer y Brown, 2019; Cunningham y Carlsen, 2014; Pleasants y Olson, 2019; Rogers, 1983). Otras características principales de la ingeniería según Antink-Meyer y Brown (2019) son: que la ingeniería es motivada por los deseos y problemas humanos; es sensible al contexto ya que surge de las necesidades, recursos y valores, sin ser por ello altruista, además, pierde su significado fuera de este (Cunningham y Carlsen, 2014); está basada en pruebas que demuestran la integridad de la solución diseñada, así como sus restricciones; tiene una dimensión personal, puesto que cada ingeniero aporta sus propias perspectivas, conocimientos y experiencias; es un proceso social debido a que se alcanza la mejor solución a través de los conocimientos y comentarios de compañeros y clientes; y, por último, es interdisciplinar porque existe una relación de codependencia entre ingeniería, ciencia y tecnología. Una vez expuesta la definición de ingeniería, es necesario explicar su objetivo, el cual es el diseño de la mejor solución para resolver un problema (Pleasants y Olson, 2019) con el fin de satisfacer las necesidades de un cliente atendiendo a unos criterios que pueden ser científicos o no (Cunningham y Carlsen, 2014). Así pues, un ingeniero diseñará la mejor solución a un problema partiendo de sus conocimientos y experiencias previas buscando encontrar el equilibrio entre varios criterios como coste, fuerza, y estética. Deberá poner a prueba su diseño en más de una ocasión para poder optimizar el producto (Cunningham y Carlsen, 2014) y necesitará estar familiarizado con aspectos económicos, contables y legales para poder ser un gran profesional, que “mira al mundo y trata de suministrar aquello que ve que falta” (Rogers, 1983, p.2).

En lo referente a las artes, Rieger y Chernomas (2013) identifican las siguientes formas de arte creativo: almazuelas, murales, fotografía, poesía, escultura, danza, teatro, dibujo, fabricación de máscaras, música, narrativa, literatura y cine. Por otro lado, Yakman (2008) separa las artes en 4 subdisciplinas: las bellas artes, pintura, escultura, teoría del color y expresiones creativas; las artes físicas, el movimiento

personal o colectivo, el deporte, la danza y la interpretación; las artes manuales, capacidades físicas o técnicas necesarias para manipular objetos; y las artes liberales, que incluyen las ciencias sociales (sociología, filosofía, ética, educación...). Touriñán-López (2011) define el objetivo de la educación artística como “el cultivo del sentido estético y de lo artístico, para lo que se utiliza el contenido de las artes y sus formas de expresión.” (p.72). Así mismo, este autor centra la educación artística, por un lado, en las artes como conocimiento y ámbito de investigación, y por otro, en la actividad artística como manifestación creativa. Sanz-Camarero et al. (2023a) exponen algunos obstáculos que presentan las artes a la hora de ser trabajadas: las artes se instrumentalizan, no se consideran sus propios objetivos; las artes se desvalorizan, el uso de recursos relacionados con las artes no implica que su currículo se trabaje; los docentes están poco entrenados; y se niega la evaluación de las artes, ya que solo se revisa el resultado y hay quienes creen que, debido a su carácter de expresividad y subjetividad, “todo vale”. En relación a ello, Ulbricht (1998) ya proponía unas pautas para integrar las artes: (1) Enfatizar la perspectiva única de las artes y no convertirla en herramienta para las demás disciplinas; (2) Que cada elemento realce los demás, desarrollando un conexiones entre ellos y, por tanto, un aprendizaje más significativo; (3) Relacionar las artes con el mundo y los problemas sociales y personales; (4) Elegir temas importantes; (5) Estudiar el contexto de las artes para comprender su importancia; (6) Las artes deben ser relevantes para los estudiantes; (7) Las artes deben ser colaborativas; y (8) Permitir resultados diferentes, ya que no todo el alumnado resolverá los problemas de la misma forma.

Por último, los conceptos matemáticos derivan de la experiencia del mundo físico, de la generalización y abstracción de conceptos ya construidos (Ernest, 1992). Las matemáticas son un acuerdo intersubjetivo, más que una rama de conocimiento objetiva, esto quiere decir que las matemáticas suceden en la comunicación intelectual entre dos o más sujetos. Aun así, la objetividad inherente de esta disciplina es una de sus características clave (Ernest, 1992). A pesar de que las matemáticas han sido inventadas por el ser humano (sus conceptos, estructuras, métodos, resultados y reglas) (Ernest, 1992), no están conectadas a la influencia social de igual modo que otras materias como la historia o el lenguaje (Warnik y

Stemhagen, 2007). Por el contrario, la sociedad sí está sujeta a la influencia de las matemáticas pues su propagación contribuye al desarrollo de la sociedad. Desde este punto de vista, las matemáticas se pueden considerar como una herramienta que ayuda a entender y mejorar la existencia humana, así como a resolver los problemas del día a día de cada persona (Warnik y Stemhagen, 2007). Las matemáticas están determinadas por tres conjuntos y sus relaciones: un conjunto de artefactos tecnológicos, uno de personas (matemáticos) y las reglas que basan la lingüística y las actividades utilizadas por los matemáticos (Ernest, 1992). Al mismo tiempo, las matemáticas resaltan una forma de resolución de problemas sobre las demás. Este método implica una forma concreta de resolver problemas, buscando una única respuesta correcta y dejando atrás muchas posibilidades del mundo real (Warnik y Stemhagen, 2007). Por ejemplo, si una persona lee 1 libro en 1 día, ¿cuántos libros leerá en 4 días? Lo habitual es pensar que leerá 4 libros, pues lo entendemos como un problema de cálculo. Sin embargo, dejamos al lado cuestiones más humanas y reales, la persona podría cansarse y leer más lento, el libro podría ser más largo, podría tener que hacer otra actividad y no poder estar tanto tiempo leyendo...

Por otra parte, en general, se encuentran muchos más artículos centrados en discutir qué es o no educación STEAM, y cómo se debe llevar a cabo, en lugar de comentar cuál debería ser el resultado de las capacidades y conocimientos de los alumnos con esta propuesta educativa (Couso, 2017).

El interés en la educación general STEM tiene origen en la década de 1940, antes de la creación en Estados Unidos de la Fundación Nacional de Ciencia (National Science Foundation, NSF); este interés se acrecentó con el lanzamiento del Sputnik a finales de la década de los 50. Tras una evolución que pasó por diferentes momentos en los que tomaba o dejaba de tener importancia, finalmente en los años 90, y después de varios cambios en el orden de sus letras, se comienza a utilizar con constancia el acrónimo "STEM" (Ortiz-Revilla et al., 2020).

Dependiendo de a qué autor leamos, las concepciones de STEM pueden variar, siendo que la mayoría de propuestas abogan por una educación STEM disciplinar, otras secundan un enfoque multidisciplinar. A pesar de ello, los objetivos de la

educación STEM son los que reflejan su significado. Bustamante-Meza et al. (2022) resumen estos objetivos: alfabetizar científica y tecnológicamente de forma que las habilidades desarrolladas por el estudiantado se ajusten a las necesidades laborales, se solucionen problemas tecnológicos y se proporcione respuesta a los desafíos económicos de las naciones.

El interés por la educación STEM integrada se centra precisamente en promover la alfabetización en el ámbito STEM para todo el alumnado como un valor personal en sí mismo. Es necesario que todo el alumnado desarrolle una mínima competencia en el ámbito científico-tecnológico para tener algo que decir (Couso, 2017) y tomar decisiones personales y sociales bien informadas (Pleasant et al., 2019).

La alfabetización STEM incluye la comprensión conceptual y las habilidades procedimentales para que las personas aborden problemas personales, sociales y globales relacionados con STEM. La alfabetización STEM implica la integración de las cuatro disciplinas interrelacionadas y complementarias que conforman STEM. (Bybee, 2010). Estas disciplinas son esenciales en un mundo en el que las sociedades tecnológicas e innovadoras que lo componen avanzan a grandes velocidades para mejorar la calidad de vida, la competitividad y el desarrollo de las naciones (Bustamante-Meza, et al., 2022). Así mismo, también es necesario reconocer y apreciar las conexiones existentes entre dichas áreas de conocimiento (Martín-Páez et al., 2019).

Balka (2011) en Couso (2017) define la alfabetización STEM como la habilidad para entender problemas complejos e innovar para resolverlos identificando, aplicando e integrando conceptos de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Además, se necesita de la comprensión y definición de los componentes de STEM y sus relaciones.

Para considerar que una persona está alfabetizada en STEM, debe ser capaz de identificar y aplicar los conocimientos y procedimientos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la matemática, de forma más o menos integrada, así podrá comprender y decidir ante problemas complejos, que precisen del conocimiento de

más de un área de conocimiento, buscando soluciones innovadoras (Couso, 2017; Martín-Páez et al., 2019; Zollman, 2012).

Con el paso del tiempo se han añadido las artes a este enfoque. Esto no implica un cambio drástico en su definición, Thunberg et al. (2018) citan a Kofac (2014), STEAM se puede definir como educación que incrementa el interés y la comprensión del alumnado que estudia la tecnología científica y que aumenta la alfabetización basada en la tecnología científica y la resolución de problemas del mundo real.

Esta integración no se debe considerar nunca una mera decoración, las artes constituyen un elemento atractivo para el alumnado consiguiendo que las clases sean más agradables y emocionalmente satisfactorias, así como aumenta la participación y el compromiso afectivo con el aprendizaje de conceptos STEAM, lo que deriva en un mayor éxito de este enfoque (An et al., 2018).

El enfoque STEAM tiene dos objetivos más allá que STEM: (1) Enseñar las artes y el contenido STEM para que los estudiantes comprendan en profundidad ambos; y (2) Aplicar las artes en situaciones del mundo real, llevando a un aprendizaje más profundo de las materias STEM (An et al., 2018).

Por todo ello, podemos inferir que la educación STEAM integrada necesita de unas habilidades que permitan lidiar con la vida moderna y la sociedad en cuestiones científicas, tecnológicas, de ingeniería y matemáticas (Kurup, et al., 2019). Estas habilidades deben componerse de habilidades prácticas que incluyan conceptos y procedimientos (Bybee, 2010; Martín-Páez et al., 2019), y de las conocidas *soft skills* o habilidades blandas, también denominadas competencias y/o habilidades del siglo XXI (Couso, 2017; Hallström y Ankiewicz, 2023), las cuales no consisten en conocimientos específicos o competencias técnicas sobre una materia o tema, sino que hacen referencia a aquellas competencias y habilidades que se desarrollan a través de la experiencia y la interacción con la sociedad, entre las que encontramos la creatividad, el pensamiento crítico, la motivación, la comunicación, la colaboración, el trabajo en equipo, el manejo del tiempo...

## **2.2. De la experimentación disciplinar a la fundamentación de la experimentación STEAM integrada**

Al igual que en la sección anterior, antes de poder desarrollar el concepto de “experimentación STEAM integrada” es necesario comprender qué es la experimentación. Para Viviescas y Sacristán (2020), la experimentación puede llevarse a cabo de cuatro formas diferentes en el aula: como actividades prácticas que buscan la familiarización con los fenómenos naturales; como la interpretación del fenómeno, así como sus relaciones con las variables; como actividades diseñadas para el aprendizaje de habilidades y procedimientos, ilustrar o corroborar teorías; y como actividades dirigidas al desarrollo de problemas teóricos o prácticos a través del diseño, realización y evaluación de experimentos.

En la literatura científica educativa podemos encontrar algunas características propias de la experimentación como actividad y como metodología.

Primero, se debe dejar de lado las ideas de muchos docentes de que la tarea principal del alumnado en las actividades experimentales es que se utilice el material (Ting y Tai, 2023), dando así por hecho que el mero uso de materiales propios de la disciplina profesional va a conllevar al inmediato aprendizaje de los conceptos descuidando así la conexión entre el experimento y los contenidos y, por tanto, dificultando su adquisición. La metodología de la experimentación trata de plantear problemas que ayuden a externalizar conceptos haciéndolos accesibles para los estudiantes (Ting y Tai, 2023), los cuales requieren de experimentos concretos, observación reflexiva, conceptualización abstracta, experimentación activa, diferentes niveles de representación y la presentación pública de un proyecto o prototipo que solucione el problema (Azevedo da Silveira y Scavardado-Carmo, 1999).

Cázares-Méndez (2014) expone los propósitos de la experimentación: “desarrollar la capacidad de experimentar, observar, registrar, sistematizar y analizar los fenómenos y procesos observados, así como los resultados de la actividad experimental.” (p.141). Así, el estudiante opta a un aprendizaje significativo donde se relacionan, vinculan y confrontan los nuevos conocimientos con los previos

(Cázares-Méndez, 2014; Ting y Tai, 2023) dando lugar al aprendizaje de actitudes, conceptos y procedimientos, así como el reconocimiento de su uso en la vida cotidiana y profesional futura (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999; Hole, 2017).

La metodología de la experimentación constituye una metodología activa que sitúa al estudiante como centro de su propio aprendizaje (An et al., 2022) y el docente queda relevado a un puesto de guía (Ting y Tai, 2023). Ha sido demostrado que este tipo de metodologías incrementan la retención de conocimiento a largo plazo y un entendimiento más profundo (Christensen et al., 2015). Zhang (2019) afirma que la metodología experimental ha sido recomendada para la enseñanza ya que anima a los estudiantes a realizar investigaciones y experimentos para encontrar respuestas y soluciones a los problemas planteados.

En lugar de ser actividades que siguen una “receta de cocina”, destinadas a que el alumnado siga exclusivamente un paso a paso, cualquier experimento debería estar orientado a involucrar a los estudiantes en la toma de decisiones facilitando su autonomía lo que causa unos mejores resultados del aprendizaje (Gya y Bjune, 2021). En acuerdo con lo anterior, Pérez González et al. (2013) apuntan que la experimentación estimula la eficacia del aprendizaje ya que los estudiantes interiorizan los significados de los contenidos con mayor independencia y reflexión. Así mismo, esta metodología ofrece la oportunidad de que cada estudiante avance a su ritmo (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999).

En este tipo de metodologías, uno de los factores más motivantes para los estudiantes reside en el carácter de “juego serio” que toman las actividades. El desafío de resolver problemas importantes y construir algo con sus propias manos son algunos ejemplos de motivación del alumnado (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999). De igual modo, las actividades prácticas y experimentales constituyen una fuente de influencias positivas en el aprendizaje y la motivación permitiendo involucrar todos los sentidos (Gya y Bjune, 2021). Así mismo, la experimentación incentiva la curiosidad del alumnado y con ello promueve su interés en el aprendizaje de las materias, intensificando la retención

del conocimiento y el entendimiento de los conceptos (Ahmad et al., 2021; Hong et al., 2020).

Es necesario destacar que esta metodología debe estar abierta a que los estudiantes cometan errores y se les permita su corrección de modo que puedan aprender de ellos y consigan llegar al resultado deseado (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999).

Por último, es preciso comentar que no todas las disciplinas son adaptables a la metodología de la experimentación en exclusiva, sino que en ocasiones va a necesitar combinarse con otras metodologías (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999), por ejemplo, con la metodología basada en la indagación (Zhang, 2019). Cabe aclarar que mientras la metodología basada en la indagación desarrolla una investigación completa en torno a una temática pudiendo necesitar tanto actividades teóricas como prácticas, la metodología de la experimentación busca la adquisición y comprensión de conocimientos y competencias a través de actividades prácticas en exclusiva.

Una vez expuesto lo anterior, se puede comenzar a desarrollar con más profundidad la experimentación STEAM integrada. Esta se construirá partiendo de las características competenciales de la experimentación individual de cada una de las materias que conforman STEAM, siguiendo así el mismo método que siguen Ortiz-Revilla et al. (2020), donde se plantea la naturaleza de STEM como la relación del conjunto de características de las disciplinas que lo conforman, también exportable a STEAM (Ortiz-Revilla et al., 2018, 2021).

Teniendo en cuenta los referenciales teóricos expuestos en la fundamentación teórica de las disciplinas (véase subapartado 2.1 de este Trabajo) y del trabajo de otros autores (Costa y Domingos, 2019; Hong y Diamond, 2012; Lestari, 2021; Nistor et al., 2018; Pérez-González, 2019; Raja et al., 2016; Rehmat y Hartley, 2020; Ziaeeafard et al., 2017), en relación con actividades experimentales realizadas en las aulas, se ha elaborado la Tabla 1 que recoge las características competenciales específicas de cada una de las disciplinas desde el punto de vista de la experimentación.

**Tabla 1.** Resumen de las características de las disciplinas STEAM

	Características competenciales	
Ciencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción de lo observado</li> <li>- Aprendizaje de procedimientos</li> <li>- Uso de materiales específicos</li> <li>- Explicación de sucesos</li> <li>- Establecimiento de leyes</li> <li>- Predicción de eventos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traslado de conocimientos científicos a actividades diarias</li> <li>- Toma de decisiones</li> <li>- Seguimiento de instrucciones</li> <li>- Alfabetización científica</li> </ul>
Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de ordenadores y tecnologías</li> <li>- Uso de conocimiento práctico y científico</li> <li>- Estudio de las necesidades humanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio del proceso de diseño, desarrollo, implementación y adopción tecnológica</li> <li>- Proceso de creación</li> <li>- Desarrollo de artefactos</li> </ul>
Ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de problemas</li> <li>- Diseño de sistemas, procesos y artefactos para satisfacer las necesidades humanas</li> <li>- Valoración soluciones diferentes</li> <li>- Prueba de diseños, sistemas y procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Familiarizarse con aspectos económicos, contables y legales</li> <li>- Corrección de diseños</li> <li>- Aplicación de la ciencia</li> <li>- Uso de conocimiento científico y experiencia práctica</li> </ul>
Artes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoración estética</li> <li>- Desarrollo de la psicomotricidad</li> <li>- Desarrollo de la creatividad</li> <li>- Manejo de útiles propios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprensión de la importancia del arte por su contexto</li> <li>- Relacionar el arte con problemas relevantes</li> </ul>
Matemáticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolución de problemas</li> <li>- Uso de la aritmética</li> <li>- Uso de instrumentos de medida y observación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de conjeturas</li> <li>- Desarrollo de la lógica</li> <li>- Comprensión de la geometría</li> </ul>

De las características competenciales propias de la disciplina de ciencias se recuperan el uso de procedimientos, la explicación de sucesos y el traslado de conocimientos del entorno educativo a la vida cotidiana. De la tecnología se extrae el desarrollo de artefactos y la búsqueda por satisfacer las necesidades humanas. De la ingeniería se obtiene el proceso de diseño de soluciones, así como sus pruebas y correcciones, lo que permite el aprendizaje de los errores. La importancia del valor estético y el uso de útiles y herramientas se cosecha de las artes. Y, de las matemáticas, se adquiere el uso de la aritmética, la lógica y los instrumentos de medida y observación.

De igual modo, se han detectado algunas características competenciales comunes a la experimentación en todas las disciplinas. Estas son la observación de sucesos, la realización de preguntas, problemas e hipótesis, la predicción posibles soluciones, su prueba y verificación o refutación, la resolución de problemas, la colaboración y comunicación, la realización de investigaciones y el pensamiento computacional y analítico. Por último, las características que bajo la perspectiva de la experimentación todas las disciplinas tienen son: la realización de actividades en grupo; la conexión de los temas tratados con la vida diaria; y la facilitación de la comprensión del mundo que nos rodea.

Partiendo de estas características, de la naturaleza de STEAM y con la metodología de experimentación como base, se ofrece una aproximación a algunas características que definen la experimentación STEAM integrada, así como se presentan algunas pautas para poder implementarla en el aula.

Para poder aspirar a una sociedad alfabetizada, es necesario incluir contenidos y prácticas STEAM en la educación con los que se pueda adquirir los conocimientos necesarios (Committee on Highly Successful Schools or Programs for K-12 STEM Education, 2011; Ting y Tai, 2023). No obstante, la experimentación integrada debe estar preparada de modo que los conocimientos sean accesibles para el alumnado y no se limiten a utilizar los materiales, (Ting y Tai, 2023). Así pues, las actividades experimentales que integran el conocimiento STEAM fomentan las competencias básicas de los estudiantes por medio del diseño de ingeniería y los procedimientos de producción (Chen et al., 2020; Ortiz-Revilla et al., 2021).

A pesar de ello, en la literatura no se ha encontrado un marco teórico con un énfasis en las fases experimentales en la educación STEAM (Hong et al., 2020). Antes de dar unas pautas para el desarrollo de situaciones de aprendizaje basadas en la metodología de experimentación STEAM integrada se considera oportuno realizar algunas observaciones. Los docentes deben poseer una formación adecuada a esta metodología, es decir, deben conocer cómo realizar la selección de problemas, qué respuestas dar a los estudiantes y cómo hacerlo, y conocer cómo teorías y conceptos alternativos son construidos; también, cada docente deberá revisar y reconstruir las metodologías de enseñanza que se plantea utilizar en base a las características de su alumnado (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999). Por último, es necesario ser conscientes de que el aprendizaje experimental como parte importante de la educación STEAM integrada debe componerse de la aplicación de conceptos matemáticos, el método de investigación científica y habilidades de resolución de problemas (Ting y Tai, 2023).

Antes de preparar una situación de aprendizaje con esta metodología, es necesario prescribir las habilidades y actitudes que se van a trabajar e introducir los contenidos en base a ellas (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999). Seguidamente, se deben diseñar experiencias concretas que ayuden a externalizar conceptos principales y hacerlos accesibles a los estudiantes, las cuales no deben consistir en la mera utilización de materiales (Ting y Tai, 2023),

A la hora de diseñar las situaciones de aprendizaje basadas en esta metodología, es recomendable evitar los experimentos en los que se debe seguir muy cuidadosamente unas instrucciones, el alumnado no se ve involucrado en la toma de decisiones y simplemente realizan las actividades, y sustituirlos por actividades en las que los estudiantes puedan tomar decisiones (Gya y Bjune, 2021) y que puedan cometer errores de los que aprender (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999).

Por último, la evaluación debe ser objetiva y relacionada con la solución, es decir, no debe depender de la opinión del docente, sino que debe valorar si el resultado cumple con los objetivos marcados o no, ignorando los errores cometidos durante el proceso de desarrollo (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999).

Por otra parte, con relación a la aplicación de las situaciones de aprendizaje diseñadas Ting y Tai (2023) afirman que los docentes deben conocer cómo ayudar a los estudiantes a conectar el trabajo experimental con los conceptos. Así mismo, los métodos de experimentación propuestos deben ser probados de modo que los errores eventuales que cometa el estudiante no provoquen que se pierda el tiempo por completo (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999).

Una vez ideada las situaciones de aprendizaje, es primordial introducir las actividades de forma gradual y persistente (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999). De modo que primero se deben averiguar los conocimientos previos y se deben detectar los huecos en los conocimientos de los estudiantes, pudiéndose realizar a través de laboratorios experimentales tradicionales en los cuales los conceptos fundamentales aparecen indirectamente, detectando a la par las motivaciones, aspiraciones y dificultades reales de los estudiantes (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999).

Una vez expuesto el proceso de desarrollo de las situaciones de aprendizaje, se presentan de forma resumida las características que deben cumplir. Se parte de las características propias de la experimentación: estar centrado en el alumno, en otras palabras, que el alumnado sea el centro del aprendizaje y el profesorado quede relevado a un segundo plano con la función de guía; estar la secuencia planificada en un orden natural y cómodo; y partir de los conocimientos previos del alumnado. Y de la característica principal de cualquier actividad STEAM integrada: tratar más de un área de modo conjunto (interdisciplinariedad) y estar contextualizado en un encuadre reconocible por el alumnado.

A esto se deben añadir las características competenciales comunes de la experimentación de las disciplinas que conforman STEAM: el trabajo en grupo y la colaboración; la formulación de preguntas, hipótesis y problemas; la estimulación de la creatividad; la búsqueda de soluciones, así como su verificación o refutación; la realización de investigaciones; el desarrollo del pensamiento computacional, analítico y crítico; y la facilitación de la comprensión del mundo que nos rodea.

### **3. Diseño y justificación teórica de una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje experimental STEAM piloto**

La metodología de la experimentación expuesta puede, por un lado, utilizarse como guía para desarrollar una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje (SEA) STEAM integrada completa y única, es decir, que esta sea la metodología principal en todas las actividades propuestas. Por otro lado, esta metodología puede incluirse solo en algunos momentos de la SEA guiando una o varias partes de una secuencia más extensa.

En el caso presentado a continuación, se plantea una SEA completa dentro del marco de la experimentación STEAM integrada. Se idea desde los contenidos de las propiedades de los materiales: la flotabilidad en agua y la densidad, pudiendo adaptarse a diferentes niveles en función de la profundidad con el que se trate la temática y los materiales que se utilicen. Por ejemplo, si la secuencia va dirigida a un grupo de alumnos de 2º de Educación Primaria (7-8 años) sería necesario quedarse en contenidos básicos como si un objeto flota o no, si pesa más o menos o si aguanta más peso o menos; por otro lado, la realización del proyecto deberá ser con materiales conocidos por el alumnado, objetos cotidianos que tengan en casa y procedimientos sencillos. Si va dirigida a un grupo de 1º de Educación Secundaria (12-13 años) podemos tratar más a fondo el contenido de densidad, añadiendo las fórmulas propias de esta magnitud y tratando las diferentes densidades de los elementos que se utilicen. Además, se puede introducir el por qué los barcos flotan a pesar de ser más pesados y densos que el agua (tratar el contenido relacionado con las fuerzas). Así mismo, los materiales a utilizar podrán ser desconocidos y que conlleven a un proceso de fabricación más elaborado. Por último, si se realiza la secuencia con alumnado de bachillerato (16-18 años) o cursos superiores podemos tratar con mayor detalle los contenidos anteriores, llevando a cabo un estudio mayor de las fuerzas implicadas (sus magnitudes, direcciones y sentidos) y los materiales a utilizar podrán tener una mayor complicación (uso de impresoras 3D, materiales más delicados, materiales que precisan de un proceso previo para poder ser utilizados...).

Dependiendo de los objetivos de la SEA se podrán explicar los contenidos en un momento u otro. Si el propósito de la actividad es reforzar la adquisición de los contenidos, estos se deberán explicar con antelación; si las actividades funcionarán como demostración, los contenidos se podrán explicar a la par que se desarrollan las actividades; y si la intención es un aprendizaje por descubrimiento, los contenidos se explicarán al finalizar la secuencia.

Primero se presenta la secuencia de actividades planteada en un orden natural y cómodo para la adquisición de conocimientos y, a continuación, se plasma en cada actividad y en la Tabla 2 la correlación existente con las características de la experimentación STEAM integrada.

La SEA se plantea con la siguiente estructura:

1. Presentación del tema.

Se presenta el tema de acuerdo con la edad del nivel en que se realizan las actividades.

Se plantea un problema en el que se necesita crear un barco o superficie flotante. Se puede plantear las siguientes situaciones:

- A. Un grupo de amigos estaba de vacaciones, querían ir a visitar una isla desierta, así que cogieron un barco. Al llegar a la isla chocaron con unas rocas y el barco quedó destrozado, por lo que no tenían forma de volver.
- B. He visto en las redes sociales un jarrón decorativo en el que una vela queda flotando en el agua y me ha gustado mucho. Para evitar el peligro de incendio he comprado velas a pilas, pero no flotan y necesito una superficie en la que apoyarla y que pueda flotar.

Con el planteamiento de una de estas situaciones realizamos una conexión entre las actividades que se van a desarrollar en el aula y la vida diaria del alumnado facilitando la comprensión del mundo que nos rodea, lo que contextualiza la secuencia de actividades en un encuadre reconocible por el

alumnado y presenta la oportunidad de satisfacer una necesidad humana (por escapar de la isla o por realizar una decoración).

Durante toda la secuencia, es recomendable que el alumnado trabaje en grupos de modo que se desarrolle la colaboración y las habilidades de comunicación.

## 2. Experimentación de las densidades de algunos materiales. Torre de densidades de líquidos y sólidos.

En un vaso de tubo alto y estrecho se vierten con cuidado y por las paredes internas diferentes líquidos (aceite, jabón líquido, agua y miel). Se observa como los líquidos no se mezclan y unos se quedan por encima de otros (ver Figura 1).

A continuación, se dejan caer diferentes materiales sólidos en nuestra torre, pudiendo ser estos los que nosotros consideremos. Se observa cómo cada material se queda en una altura diferente. Por ejemplo, en la Figura 2 se observa como una canica de hierro y un clip se quedan en lo más profundo, la vela y la bola de papel de aluminio flotan sobre el agua y el palo de madera flota sobre el aceite.

Con esta actividad planteamos una situación en el que invitamos al alumnado a realizar hipótesis (qué sustancias u objetos van a quedar por encima de otros), de modo que ponen en práctica sus conocimientos previos y hacen uso de la lógica.

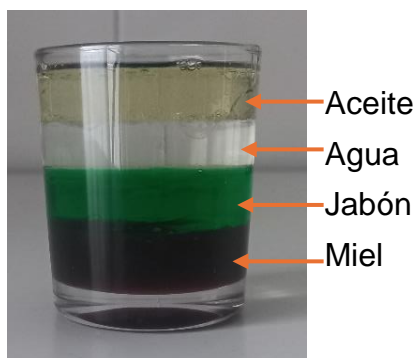


Figura 1. Torre de densidades líquida. En orden ascendente: miel, jabón, agua y aceite.

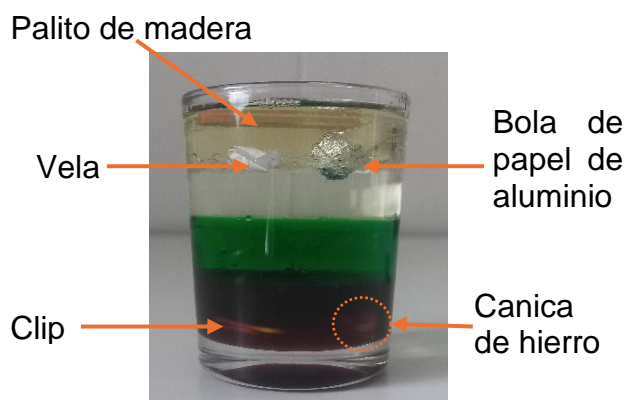


Figura 2. Torre de densidades líquida con objetos. En orden ascendente: clip y canica, miel, jabón, agua, vela y bola de papel de aluminio, aceite, y palito de madera.

### 3. Experimentación de la flotabilidad en agua de distintos materiales.

En un tanque de agua se dejan caer con suavidad diferentes materiales (cristal, papel, cartón, corcho, tela, plástico, botellas, latas...). Se comprueba qué materiales flotan y cuáles no.

Así mismo, en los materiales que flotan por sí mismos, se puede comprobar cuánto peso aguanta antes de hundirse. Esto se puede realizar echando clips, de uno en uno, encima del material hasta que este se hunda.

En esta ocasión, el alumnado lleva a cabo una pequeña investigación para descubrir qué materiales flotan y cuáles no flotan.

### 4. Experimentación de la flotabilidad en agua de distintas figuras creadas con un mismo material.

Con una bola de plastilina y un tanque de agua se realizan varias pruebas para ver si la plastilina flota o no, se pueden realizar tantas pruebas como se desee (ver figuras 3, 4, 5, y 6).



Figura 3. Bola de plastilina hundida.



Figura 4. Barco de plastilina.



Figura 5. Cuadrado con paredes pequeñas.



Figura 6. Cuadrado con paredes grandes.

Así mismo, si la figura flota, se puede comprobar cuánto peso aguanta sin hundirse. Se echan clips, de uno en uno, encima de la figura hasta que esta se hunda (ver figuras 7, 8, 9, y 10).



Figura 7. Barco de plastilina hundido por 9 clips.



Figura 8. Cuadrado de paredes pequeñas hundido por 16 clips.



Figura 9. Cuadrado de paredes grandes flotando con 16 clips.



Figura 10. Cuadrado de paredes grandes hundido por 19 clips.

Con esta actividad, abrimos una primera ventana a la creatividad, debido a que el alumnado puede experimentar con la plastilina creando diferentes formas. Por la naturaleza de la actividad, también se estimula el pensamiento analítico y crítico en la búsqueda de la forma que más peso aguante con una cantidad de plastilina limitada dando paso a una secuencia de pruebas para verificar o refutar si su diseño aguanta más peso.

##### 5. Diseño de un barco.

Separados en grupos y con los conocimientos adquiridos de las experiencias anteriores, el alumnado debe crear un barco con los materiales y herramientas disponibles (ver figura 11).

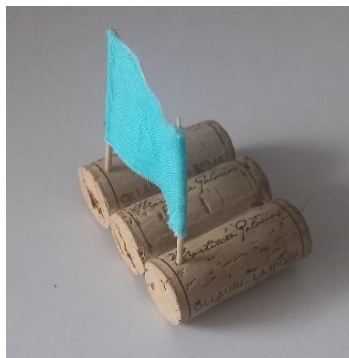


Figura 11. Barco realizado con materiales reciclados.

En esta actividad se reflejan las características de la experimentación STEAM integrada en lo referente al traslado de conocimiento, ya que necesitan de los conocimientos adquiridos en las actividades anteriores para, junto al pensamiento analítico y crítico, diseñar y desarrollar un artefacto que tenga un valor estético por medio del uso de unos útiles y herramientas.

#### 6. Prueba del barco.

Cada grupo deberá probar su barco en un tanque con agua, tantas veces como sea necesario hasta que el barco no se hunda (ver figura 12), es decir probará y corregirá su diseño hasta obtener una solución viable.

En el caso de que unos grupos lo consigan y otros no, se deberán ayudar entre ellos para que todos logren el objetivo.

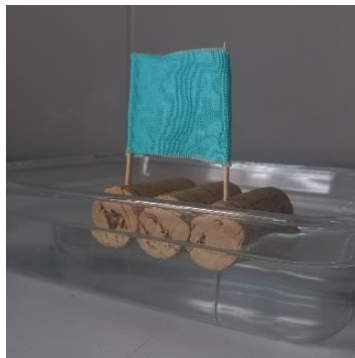


Figura 12. Prueba de flotación del barco

#### 7. Ajuste del barco a unas características específicas (tamaño, forma...).

Una vez que los grupos han conseguido diseñar un barco que flote, tendrán que diseñar un nuevo barco que cumpla unas características (las que decida el/la docente).

Por ejemplo:

- Base triangular
- La base de alrededor de 100 cm<sup>2</sup> de área.

- Que soporte al menos 50 gramos de peso antes de hundirse.

Esta es la actividad en la que la interdisciplinariedad es más evidente, porque la adaptación del barco a las especificaciones realizadas necesita del uso de todas las materias que conforman STEAM para llevar a cabo las modificaciones necesarias. De ciencias necesitan conocer como mínimo la densidad de los materiales; de tecnología es necesario la construcción del barco; de la ingeniería, se precisa el proceso de diseño y corrección; el valor estético lo aportan las artes; y las matemáticas contribuyen con instrumentos de medida y observación, así como con la aritmética que permite hacer los cálculos necesarios.

#### 8. Prueba del barco.

Cada grupo deberá probar su barco en un tanque con agua, tantas veces como sea necesario hasta que el barco no se hunda.

En el caso de que unos grupos lo consigan y otros no, se deberán ayudar entre ellos para que todos logren el objetivo, volviendo a incidir en la importancia de la colaboración.

#### 9. Conclusión de la actividad.

Finalmente, se concluye la actividad con una recopilación de los conocimientos adquiridos, así como de las habilidades trabajadas y una evaluación de los resultados obtenidos

En este momento, se plantea que los alumnos realicen una reflexión sobre su proceso de diseño, se anima a que se hagan preguntas de por qué unos modelos sí han flotado y otros no, y se promueve que sean ellos los que expliquen estos sucesos.

Durante esta SEA se abordan todas las disciplinas de la educación STEAM de un modo interdisciplinar. Las Ciencias se ven involucradas en los contenidos planteados a comprender y adquirir (las propiedades de los materiales: flotabilidad y densidad); la Tecnología se ve implicada en el uso de herramientas y de los

conocimientos adquiridos con la finalidad de construir el barco; la Ingeniería está involucrada en el diseño del barco, para lo que se necesita conocer qué materiales flotan, cómo se puede construir el barco y tenemos el objetivo de satisfacer la necesidad de un cliente (crear el barco con unas características específicas y para un trabajo concreto); las Artes está comprometido con un diseño estético del barco y el uso de herramientas propias; por último, las Matemáticas están incluidas cuando se estudia cuánto peso aguanta cada material, en la estructuración del barco cuando necesita ser de unas medidas específicas, así como para calcular la cantidad de cada material que se necesita. En la Tabla 2 se muestra una síntesis de las disciplinas (C de ciencias, T de tecnología, I de ingeniería, A de artes y M de matemáticas), sus características competenciales específicas y de la experimentación STEAM que se tratan en cada una de las actividades de la secuencia.

**Tabla 2.** Síntesis de las características competenciales disciplinares y STEAM de las actividades propuestas en la SEA.

Actividad	Disciplinas	Características competenciales específicas de las disciplinas	Características competenciales de la experimentación STEAM
1. Presentación del tema	C	- Descripción de lo observado (el problema).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planteamiento de problemas.</li> <li>- Conexión entre las actividades y la vida diaria.</li> <li>- Comprensión del mundo que nos rodea.</li> <li>- Contexto reconocible.</li> <li>- Estudio de necesidades humanas</li> <li>- Trabajo en grupo.</li> </ul>
	T	- Estudio de necesidades humanas.	
	I	- Definición de problemas.	

**Tabla 2 cont.** Síntesis de las características disciplinares y STEAM de las actividades propuestas en la SEA.

Actividad	Disciplinas	Características competenciales específicas de las disciplinas	Características competenciales de la experimentación STEAM
2. Torre de densidades	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción de lo observado.</li> <li>- Predicción de eventos.</li> <li>- Explicación de sucesos.</li> <li>- Alfabetización científica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipótesis.</li> <li>- Conocimientos previos.</li> <li>- Lógica.</li> </ul>
	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de la lógica.</li> <li>- Elaboración de conjeturas.</li> </ul>	
3. Flotabilidad de	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción de lo observado.</li> <li>- Predicción de eventos.</li> <li>- Alfabetización científica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación.</li> </ul>
	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de la lógica.</li> <li>- Elaboración de conjeturas.</li> </ul>	
4. Flotabilidad de figuras de plastilina	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción de lo observado.</li> <li>- Predicción de eventos.</li> <li>- Toma de decisiones.</li> <li>- Alfabetización científica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Creatividad.</li> <li>- Pensamiento crítico y analítico.</li> <li>- Verificación o refutación de diseños.</li> </ul>
	T	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso de creación.</li> </ul>	
	I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoración soluciones diferentes.</li> <li>- Prueba de diseños.</li> </ul>	
	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de la creatividad.</li> <li>- Manejo de útiles propios.</li> </ul>	
	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolución de problemas.</li> <li>- Elaboración de conjeturas.</li> <li>- Desarrollo de la lógica.</li> </ul>	

**Tabla 2 cont.** Síntesis de las características disciplinares y STEAM de las actividades propuestas en la SEA

Actividad	Disciplinas	Características competenciales específicas de las disciplinas	Características competenciales de la experimentación STEAM
5. Diseño de un barco	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de materiales específicos.</li> <li>- Toma de decisiones.</li> <li>- Predicción de eventos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traslado de conocimiento.</li> <li>- Pensamiento crítico y analítico.</li> <li>- Diseñar y desarrollar artefactos.</li> <li>- Valor estético.</li> <li>- Uso de útiles y herramientas.</li> </ul>
	T	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de artefactos</li> <li>- Proceso de creación.</li> <li>- Uso de conocimiento práctico y científico.</li> </ul>	
	I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño de sistemas, procesos y artefactos.</li> <li>- Valoración soluciones diferentes.</li> <li>- Uso de conocimiento científico y experiencia práctica.</li> </ul>	
	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoración estética.</li> <li>- Desarrollo de la psicomotricidad.</li> <li>- Desarrollo de la creatividad.</li> <li>- Manejo de útiles propios.</li> </ul>	
	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolución de problemas.</li> <li>- Desarrollo de la lógica.</li> </ul>	
6. Prueba del barco	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toma de decisiones.</li> <li>- Explicación de sucesos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probar y corregir diseños.</li> <li>- Diferentes soluciones.</li> </ul>
	T	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de artefactos.</li> <li>- Proceso de creación.</li> <li>- Uso de conocimiento práctico y científico.</li> </ul>	
	I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba de diseños, sistemas y procesos.</li> <li>- Corrección de diseños.</li> </ul>	

**Tabla 2 cont.** Síntesis de las características disciplinares y STEAM de las actividades propuestas en la SEA.

Actividad	Disciplinas	Características competencias específicas de las disciplinas	Características competencias de la experimentación STEAM
6. Prueba del barco	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoración estética.</li> <li>- Desarrollo de la psicomotricidad.</li> <li>- Desarrollo de la creatividad.</li> <li>- Manejo de útiles propios.</li> </ul>	
	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolución de problemas.</li> <li>- Elaboración de conjeturas.</li> <li>- Desarrollo de la lógica.</li> </ul>	
7. Diseño de un barco concreto	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de materiales específicos.</li> <li>- Toma de decisiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interdisciplinariedad.</li> <li>- Uso conocimientos ciencia.</li> <li>- Construcción de artefactos.</li> <li>- Proceso de diseño y corrección.</li> <li>- Valor estético.</li> <li>- Uso instrumentos de medida y observación.</li> <li>- Aritmética.</li> </ul>
	T	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de artefactos.</li> <li>- Proceso de creación.</li> <li>- Uso de conocimiento práctico y científico.</li> </ul>	
	I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño de sistemas, procesos y artefactos.</li> <li>- Corrección de diseños.</li> <li>- Aplicación de la ciencia.</li> <li>- Uso de conocimiento científico y experiencia práctica.</li> </ul>	
	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoración estética.</li> <li>- Desarrollo de la psicomotricidad.</li> <li>- Desarrollo de la creatividad.</li> <li>- Manejo de útiles propios.</li> </ul>	
	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolución de problemas.</li> <li>- Uso de la aritmética.</li> <li>- Uso de instrumentos de medida.</li> <li>- Desarrollo de la lógica.</li> </ul>	

**Tabla 2 cont.** Síntesis de las características disciplinares y STEAM de las actividades propuestas en la SEA.

Actividad	Disciplinas	Características competenciales específicas de las disciplinas	Características competenciales de la experimentación STEAM
8. Prueba del barco nuevo	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción de lo observado.</li> <li>- Toma de decisiones</li> <li>- Explicación de sucesos.</li> <li>- Predicción de eventos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probar y corregir diseño.</li> <li>- Diferentes soluciones.</li> </ul>
	T	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de artefactos.</li> <li>- Proceso de creación.</li> <li>- Uso de conocimiento práctico y científico.</li> </ul>	
	I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba de diseños.</li> <li>- Corrección de diseños.</li> </ul>	
	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoración estética.</li> <li>- Desarrollo de la psicomotricidad.</li> <li>- Desarrollo de la creatividad.</li> <li>- Manejo de útiles propios.</li> </ul>	
	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolución de problemas.</li> <li>- Elaboración de conjeturas.</li> <li>- Desarrollo de la lógica.</li> </ul>	
9. Conclusiones	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción de lo observado.</li> <li>- Toma de decisiones.</li> <li>- Explicación de sucesos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preguntas y resolución de problemas.</li> </ul>
	T	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio del proceso de diseño, desarrollo, implementación y adopción tecnológica.</li> </ul>	
	I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoración soluciones diferentes.</li> </ul>	
	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoración estética.</li> </ul>	
	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de conjeturas.</li> <li>- Desarrollo de la lógica.</li> </ul>	

#### 4. Conclusiones y prospectiva

En este trabajo se han trazado los objetivos de plantear un encuadre teórico sobre las características de la experimentación STEAM integrada y de desarrollar una SEA STEAM piloto desde la metodología de la experimentación.

En este sentido se ha especificado la naturaleza de cada una de las disciplinas que conforman STEAM con la intención de construir una base sobre la que definir la experimentación para proseguir con la descripción de la experimentación integrada como metodología activa que comprende todo lo anterior. Así, se extrae una serie de características competenciales que permiten identificar una actividad guiada por esta metodología. Para finalizar, se ha presentado el ejemplo de una SEA STEAM piloto que trata de atender estas características mientras se deja espacio para la adaptación de las actividades a las particularidades del grupo de estudiantes con el que se va a llevar a cabo como indican Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo (1999). De este modo, los docentes cuentan con un primer ejemplo para poder comprender y desarrollar actividades dentro de esta metodología.

Las características que emanan para una experimentación STEAM integrada pasan por realizar actividades en un orden natural y cómodo, centradas en el alumno y en un contexto reconocible, partiendo de conocimientos previos (Cázares-Méndez, 2014) y desde la interdisciplinariedad para realizar preguntas e hipótesis, detectar problemas y crear soluciones innovadoras (Zollman, 2012) que son verificadas o refutadas por medio de investigaciones, el pensamiento crítico y analítico. Como ya indican Couso (2017) y Hallström y Ankiewicz (2023) lo que ya aparece en la literatura de las disciplinas es la importancia del trabajo en grupo y el desarrollo de las *soft skills* o habilidades del siglo XXI (colaboración, comunicación...). A su vez, se han rescatado diversas cuestiones de cada disciplina por su valor para el desarrollo integral de esta metodología. De las ciencias prevalece el uso de procedimientos, la explicación de suceso y el traslado de conocimientos; de la tecnología se recupera el desarrollo de artefactos para satisfacer las necesidades humanas; de la ingeniería se extrae el diseño de soluciones con su proceso de prueba, corrección y aprendizaje de los errores; de las artes se toma el valor estético y el uso de útiles y herramientas; y de las matemáticas se aprovechan los

instrumentos de medida y observación, así como la lógica y la aritmética. De esta forma, en la metodología de la experimentación STEAM integrada, que parte de una interdisciplinariedad necesaria para que la educación refleje fielmente la sociedad actual (Committee on Highly Successful Schools or Programs for K-12 STEM Education, 2011), no se halla una frontera clara entre sus disciplinas y el alumnado se forma con el fin de ser plenamente competente en su vida diaria y colectiva (Ortiz-Revilla et al., 2020).

Esta investigación supone un avance desde el punto de vista en el que desde hace décadas no se había hablado explícitamente de una metodología de la experimentación (Azevedo da Silveira y Scavarda-do-Carmo, 1999) y no se había hablado hasta ahora de una metodología de la experimentación STEAM integrada sobre la que basarse para el desarrollo de actividades dentro de este enfoque, de modo que se intenta dar un primer paso para cubrir el vacío existente en la literatura (Hong et al. 2020). Por tanto, este trabajo se aproxima al asentamiento de algunas bases teóricas para un posterior diseño de SEAs y propuestas didácticas que permitan el completo desarrollo de las competencias propias de la educación STEAM integrada. Además, es necesario reiterar que la metodología de la experimentación STEAM integrada no impone su uso exclusivo para el desarrollo de SEAs completas, sino que permite su empleo tanto en SEAs completas como solo en partes de SEAs que sean más extensas. Así, se presenta un ejemplo de SEA STEAM piloto completa que podría guiar a los investigadores a elaborar SEAs análogas o con otras temáticas dentro de esta misma metodología.

Actualmente, el enfoque STEAM constituye una cuestión de alta relevancia en la literatura propia de la investigación educativa (Greca et al., 2021). Encontrándose en la literatura multitud de artículos que discuten la definición de este enfoque como comenta Couso (2017), ir desenmarañando e investigándolo nos permite poder llegar a una definición más precisa. Teniendo en cuenta que la experimentación conforma una de sus partes (Ortiz-Revilla et al. 2020), esta discusión de la experimentación STEAM integrada como metodología contribuye al debate actual sobre la naturaleza de STEAM, aportando conocimientos teóricos relacionados con el ámbito de la experimentación.

Este trabajo se ha visto delimitado por la falta de literatura en relación con la metodología de la experimentación en el enfoque STEAM, hecho señalado por Hong et al. (2020). Para superar esta barrera se ha empleado literatura que abordara la experimentación dentro de otras metodologías, como la metodología basada en la indagación (Govaerts et al., 2013), que emplean la experimentación como tipo de actividad. También se tomaron artículos propios de cada una de las disciplinas para exponer su naturaleza y extraer las características propias de la experimentación en cada una de ellas.

Para finalizar, hay que recordar que este trabajo es una aproximación a la fundamentación teórica de la experimentación en la educación STEAM integrada, por lo que se considera necesario ampliarla con más referentes teóricos en futuros trabajos. Así pues, se valora que la limitación principal de este trabajo es la de ser exclusivamente teórico, lo que presenta la incertidumbre de su contribución a la adquisición de competencias y conocimientos por parte del alumnado. De este modo, se pretende abrir la discusión sobre la viabilidad y congruencia de las características competenciales para una metodología experimental STEAM integrada, lo que derive al desarrollo de investigaciones que contribuyan y afinen las características de la experimentación STEAM comunes en las disciplinas. De igual forma, se plantea como futura línea de investigación la creación de nuevas SEAs, como esta o que utilicen la misma metodología de la experimentación de modo exclusivo o combinado con otras metodologías, y su implementación para evaluar el desarrollo competencial científico y de experimentación cuando estamos implementando los enfoques integrados, véase STEAM, pudiendo ser válido también para STEM.

## 5. Referencias bibliográficas

- Ahmad, Z., Ammar, M., y Al-Thani, N. J. (2021). Pedagogical Models to Implement Effective STEM Research Experience Programs in High School Students. *Education Sciences*, 11(11), 743. <https://doi.org/10.3390/educsci11110743>
- An, H., Sung, W., y Yoon, S. Y. (2022). Hands-on, Minds-on, Hearts-on, Social-on: A Collaborative MakerProject Integrating Arts in a Synchronous Online Environment for Teachers. *Tech Trends*, 66(4), 590-606. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00740-x>
- Antink-Meyer, A., y Brown, R. A. (2019). Nature of Engineering Knowledge. An Articulation for Science Learners with Nature of Science Understandings. *Science & Education*, 28(3-5), 539-559. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00038-0>
- Azevedo da Silveira, M., y Scavarda-do-Carmo, L. C. (1999). Sequential and Concurrent Teaching: Structuring Hands-On Methodology. *IEEE Transactions on Education*, 42(2), 103-108. <https://doi.org/10.1109/13.762936>
- Bustamante-Meza, L., Torres-Oliveros, S., y Salcedo, J. (2022). Desarrollo de habilidades STEM para docentes de educación infantil. *Praxis*, 18(2), 344-363. <https://doi.org/10.21676/23897856.3755>
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35. <https://www.proquest.com/openview/75bbe8b13bf3f54ebd755333ffd8621e/1?cbl=34845&pq-origsite=gscholar>
- Cázares-Méndez, A. (2014). La actividad experimental en la enseñanza de las ciencias naturales. Un estudio en la escuela normal del Estado de México. *Ra Ximhai*, 10(5), 135-148. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46132134009>
- Chen, J.-C., Huang, Y., Lin, K.-Y., Chang, Y.-S., Lin, H.-C., Lin, C.-Y., y Hsiao, H.-S. (2020). Developing a hands-on activity using virtual reality to help students

- learn by doing. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(1), 46-60.  
<https://doi.org/10.1111/jcal.12389>
- Christensen, R., Knezek, G., y Tyler-Wood, T. (2015). Alignment of Hands-on STEM Engagement Activities with Positive STEM Dispositions in Secondary School Students. *Journal of Science Education and Technology*, 24(6), 898-909.  
<https://doi.org/10.1007/s10956-015-9572-6>
- Committee on Highly Successful Schools or Programs for K-12 STEM Education. (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. The National Academies Press. <https://sheppard.ltrr.arizona.edu/TUSD/NRC2011.pdf>
- Costa, M. C., y Domingos, A. (Abril de 2019). Promover o ensino da matemática num contexto de formação profissional com STEM. *Educación Matemática*, 31(1), 235-257. <https://doi.org/10.24844/EM3101.09>
- Couso, D. (2017). ¿Por qué estamos en STEM? Un intento de definir la alfabetización STEM para todo el mundo y con valores. *Revista Ciències*, 34, 22-30. <https://revistes.uab.cat/ciencies/article/view/n34-couso/511>
- Cunningham, C. M., y Carlsen, W. S. (2014). Teaching Engineering Practices. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 197-210.  
<https://doi.org/10.1007/s10972-014-9380-5>
- Erduran, S. (2014). Beyond nature of science: the case for reconceptualising "science" for science education. *Science Education International*, 25(1), 93-111. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1022972.pdf>
- Ernest, P. (1992). The nature of mathematics: Towards a Social Constructivist Account. *Science & Education*, 1(1), 89-100.  
<https://doi.org/10.1007/BF00430212>
- Gautreau, C., Vanderverldt, M., Mitra, S., y Winstead, L. (2022). Engaging Latinx Students in STEM Learning through Chemistry Concepts. *Journal of Latinos and Education*, 21(5), 482-489.  
<https://doi.org/10.1080/15348431.2019.1685526>

- Gobierno de España. (s.f.). *Competencias clave. Currículo. Educagob*.  
<https://educagob.educacionfpydeportes.gob.es/curriculo/curriculo-lomloe/menu-curriculos-basicos/ed-primaria/competencias-clave/mat-ciencia-tec.html>
- Govaerts, S., Cao, Y., Voznuik, A., Holzer, A., Zutin, D. G., San Cristobal, E., Bollen, L., Manske, S., Faltin, N., Slazmann, C., Tsourlidaki, E. y Gillet, D. (2013). Towards an Online Lab Portal for Inquiry-based STEM Learning at School. *Proceedings of the 12th International Conference on Web-based Learning*.  
<https://telearn.hal.science/hal-00990259>
- Greca, I. M., Ortiz-Revilla, J., y Arriasecq, I. (2021). Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1802.  
[doi:10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1802](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1802)
- Gya, R., y Bjune, A. E. (2021). Taking practical learning in STEM education home: Examples from do-it-yourself experiments in plant biology. *Ecology and Evolution*, 11(8), 3481-3487. <https://doi.org/10.1002/ece3.7207>
- Hallström, J., y Ankiewicz, P. (2023). Design as the basis for integrated STEM education: A philosophical framework. *Frontiers in Education*, 8(1078313), 1-8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1078313>
- Hole, T. N. (2018). Working and Learning in a Field Excursion. *CBE-Life Science Education*, 17(2), 24. <https://doi.org/10.1187/cbe.17-08-0185>
- Hong, J.-C., Ye, J.-H., Ho, Y.-J., y Ho, H.-Y. (2020). Developing an inquiry and hands-on teaching model to guide steam lesson planning for kindergarten children. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 908-922.  
<https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.908>
- Hong, S.-Y., y Diamond, K. E. (2012). Two approaches to teaching young children science concepts, vocabulary, and scientific problem-solving skills. *Early Childhood Research Quarterly*, 27(2), 295-305.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2011.09.006>

- Kruse, J. W. (2013). Implications of The Nature of Technology for Teaching and Teacher Education. En M. P. Clough, J. K. Olson, D. Niederhauser, M. P. Clough, J. K. Olson, y D. S. Niederhauser (Eds.), *The Nature of Technology: Implications for Learning and Teaching* (pp. 345-370). Rotterdam, Netherlands: Sense. [https://doi.org/10.1007/978-94-6209-269-3\\_18](https://doi.org/10.1007/978-94-6209-269-3_18)
- Kurup, P. M., Li, X., Powell, G., y Brown, M. (2019). Building future primary teachers' capacity in STEM: based on a platform of beliefs, understandings and intentions. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0164-5>
- Lestari, I. F. (2021). Experiential learning using STEM approach in improving students' problem solving ability. *Journey of Physics: Conference Series*, 1806(012005). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012005>
- Lou, S. J., Liu, Y. H., Shih, R. C., y Tseng, K. H. (2010). The senior high school students' learning behavioral model of STEM in PBL. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 161-183. <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9112-x>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., y Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Meijers, A. (2009). General introduction. En A. Meijers (Ed.), *Philosophy of technology and engineering sciences* (pp. 1-19). Amsterdam, Netherlands: North Holland. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-51667-1.50004-5>
- Minner, D. D., Levy, A. J., Century, J. (2010). Inquiry-Based science instruction- What is it and does it matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2022. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Nistor, A., Gras-Velazquez, A., Billon, N., y Mihai, G. (2018). Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Practices in Europe. *Scientix Observatory report*. European Schoolnet, Brussels.

[https://www.researchgate.net/publication/332189707\\_Nistor\\_A\\_Gras-Velazquez\\_A\\_Billon\\_N\\_Mihai\\_G\\_2018\\_Science\\_Technology\\_Engineering\\_and\\_Mathematics\\_Education\\_Practices\\_in\\_Europe\\_Scientix\\_Observatory\\_report](https://www.researchgate.net/publication/332189707_Nistor_A_Gras-Velazquez_A_Billon_N_Mihai_G_2018_Science_Technology_Engineering_and_Mathematics_Education_Practices_in_Europe_Scientix_Observatory_report)

- O'Neill, N. (2022). Bridging the Epistemic Divide: A Design Based Research Project on Laboratory Work at Upper Second Level in Ireland. *PhD diss.* National University of Ireland Maynooth. <https://mural.maynoothuniversity.ie/17278/1/NON%20PhD%20Thesis%20Complete.pdf>
- Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., y Greca, I. M. (2020). A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education. *Science & Education*, 29(4), 857-880. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., y Adúriz-Bravo, A. (2018). La Educación STEAM y el desarrollo competencial en la Educación Primaria. En I. M. Greca y J. Á. Meneses Villagrà (Eds.), *Proyectos STEAM para la Educación Primaria. Fundamentos y aplicaciones prácticas* (pp. 41-54). Dextra.
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., y Arriasecq, I. (2022). A theoretical framework for integrated STEM education. *Science & Education*, 31(2), 383-404. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x>
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., y Meneses-Villagrà, J. Á. (2021). Efectos de una propuesta STEAM integrada en el desarrollo competencial del alumnado de Educación Primaria. *Infancia y Aprendizaje*, 44(4), 838-870. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1925473>
- Pérez González, A., Martínez Pinto, S., y Valdés Rojas, M. B. (2019). Experimentos matemáticos para enseñar las magnitudes en el primer ciclo de la Educación Primaria. *Revista Conrado*, 15(70), 226-235. <http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>
- Pleasant, J., y Olson, J. K. (2019). What is engineering? Elaborating the nature of engineering for K-12 education. *Science Education*, 103(1), 145-166. <https://doi.org/10.1002/sce.21483>

- Pleasants, J., Clough, M. P., Olson, J. K., y Miller, G. (2019). Fundamental issues regarding the nature of technology: implications for STEM education. *Science & Education*, 28(3-5), 561-597. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00056-y>
- Raja, A., Lavin, E. S., Gali, T., y Donovan, K. (2016). Science Alive!: Connecting with Elementary Students through Science Exploration. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(2), 275-281. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i2.1074>
- Real Academia Española. (2024). *Diccionario de la Lengua Española*. <https://dle.rae.es/>
- Rehmat, A. P., y Hartley, K. (2020). Building Engineering Awareness: Problem-Based Learning Approach for STEM Integration. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 14(1), 1-15. <https://doi.org/10.14434/ijpbl.v14i1.28636>
- Rieger, K. L., y Chernomas, W. M. (2013). Arts-Based Learning: Analysis of the concept for nursing education. *International Journal of Nursing Education Scholarship*, 10(1), 53-62. <https://doi.org/10.1515/ijnes-2012-0034>
- Rogers, G. (1983). *The Nature of Engineering*. Red Globe Press London. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-06683-4>
- Runnel, M. I., Pedaste, M., y Leijen, Ä. (2013). Model for guiding reflection in the context of inquiry-based science education. *Journal of Baltic Science Education*, 12(1), 107-118. <https://doi.org/10.33225/jbse/13.12.107>
- Sanz-Camarero, R., Ortiz-Revilla, J., y Greca, I. M. (2023a). The place of the arts within integrated education. *Arts Education Policy Review*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/10632913.2023.2260917>
- Sanz-Camarero, R., Ortiz-Revilla, J., y Greca, I. M. (2023b). The Impact of Integrated STEAM Education on Arts Education: A Systematic Review. *Education Sciences*, 13, 1139. <https://doi.org/10.3390/educsci13111139>

- Suárez-Íñiguez, E. (2004). ¿Son ciencias, las sociales? *Estudios políticos*, 2, 13-25.  
<https://doi.org/10.22201/fcpys.24484903e.2004.2.37616>
- Thuneberg, H. M., Salmi, H. S., y Bogner, F. X. (2018). How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module. *Thinking Skills and Creativity*, 29(5910), 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.07.003>
- Ting, Y.-L., y Tai, Y. (2023). Dual-focused STEM hands-on activity for teachers' professional development. *Asia Pacific Journal of Education*, 1-22.  
<https://doi.org/10.1080/02188791.2023.2294694>
- Touriñán-López, J. M. (2011). Claves para aproximarse a la educación artística en el sistema educativo: educación “por” las artes y educación “para” un arte”. *ESE. Estudios Sobre Educación*, 21, 61-81.  
<https://doi.org/10.15581/004.21.4422>
- Ulbricht, J. (1998). Interdisciplinary art education reconsidered. *Art Education*, 51(4), 13-17. <https://doi.org/10.2307/3193705>
- Viviescas, A., y Sacristán, Y. (2020). La experimentación en las ciencias naturales y su importancia en la formación de los estudiantes de básica primaria. *Bio-graffa*, 13(24), 149-158. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.12.num24-10361>
- Waight, N., y Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of technology: implications for desing, development, and enactment of technological tools in school science classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(18), 2875-2905.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2012.698763>
- Warnik, B. R., y Stemhagen, K. (2007). Mathematics teachers as moral educators: the implications of conceiving of mathematics as technology. *Journal of Curriculum Studies*, 39(3), 303-316.  
<https://doi.org/10.1080/00220270600977683>
- Yakman, G. (2008). STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education.

- Zhang, L. (2019). "Hands-on" plus "inquiry"? Effects of withholding answers coupled with physical manipulations on students' learning of energy-related science concepts. *Learning and Instruction*, 60, 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.001>
- Ziaeeefard, S., Miller, M. H., Rastgaar, M., y Mahmoudian, N. (2017). Co-robotics hands-on activities: A gateway to engineering desing and STEM learning. *Robotics and Autotomous Systems*, 97(2), 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2017.07.013>
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x>

## Anexo 0

### Sostenibilización curricular

<b>Titulación:</b> Máster Universitario en Investigación e Innovación Educativas
<b>Apellidos y nombre alumno/a:</b> Patricia Blázquez Martín
<b>Título del trabajo:</b> La experimentación en la educación STEAM integrada: aproximación a la fundamentación teórica y diseño de una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje piloto
<b>Apellidos y nombre tutor/a:</b> Jairo Ortiz Revilla

#### **Reflexión sobre los aspectos de la sostenibilidad que se abordan en el trabajo**

El texto tendrá una extensión comprendida entre 600 y 800 palabras

Teniendo en cuenta la importancia de los Objetivos del Desarrollo Sostenible y su principal finalidad, que es la de proteger el planeta y asegurar la paz y prosperidad para todas las personas, se evalúa el trabajo presentado con la intención de destacar las características que abordan aspectos de la sostenibilidad.

Este trabajo presenta una metodología activa, las cuales son caracterizadas por su adaptabilidad a las características de los estudiantes, de modo que la educación es más accesible para todos los grupos de niños y niñas, jóvenes y adultos que se enfrenten a actividades desarrolladas con la metodología experimental STEAM integrada, independientemente de sus características físicas.

Por otro lado, el trabajo en grupo que se aconseja en este trabajo permite que el alumnado adquiera los conocimientos a su ritmo, pudiéndose ayudar entre los miembros del grupo sin dejar a ningún compañero atrás. Esta misma característica promueve el desarrollo de llamadas *soft skills*, habilidades blandas o habilidades

del siglo XXI, las cuales fomentan las cualidades personales necesarias para una vida en sociedad plena. Entre estas cualidades se encuentran la empatía, la colaboración y la comunicación.

El enfoque STEAM, foco de la investigación teórica desarrollada en este trabajo, tiene como finalidad educar a un alumnado plenamente competente que pueda desarrollar su vida en sociedad. Además, la educación STEAM integrada busca la alfabetización científica y tecnológica de la población, de modo que puedan tomar decisiones informadas sobre problemas y/o situaciones que afectan a su vida diaria y en comunidad.

Dentro de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible encontramos los Objetivos del Desarrollo Sostenible, los cuales están conformados por un total de 17.

De los 17 objetivos expuestos en la Agenda 2030, en este trabajo se puede relacionar con varios de ellos debido a que se puede adaptar y especificar más las actividades planteadas de modo que se logren más objetivos. En esta ocasión se comentan 4 objetivos que se observan con claridad.

El objetivo más evidente que se refleja es el objetivo 4, educación de calidad. Como cualquier investigación o proyecto educativo, la aspiración del trabajo expuesto es mejorar la experiencia educativa y dar más oportunidades de aprendizaje. Dentro de este objetivo se pueden considerar dos metas principalmente: la meta 4.4: aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento, a que este trabajo fomenta una educación competencial y útil en la vida diaria y profesional; y la meta 4.6: asegurar que todos los jóvenes y una proporción considerable de los adultos, tanto hombres como mujeres, estén alfabetizados y tengan nociones elementales de aritmética, ya que una de las metas de STEAM es alfabetizar a la población.

Otro objetivo que se puede relacionar es el objetivo 8. Trabajo decente y crecimiento económico. En relación con este objetivo, el trabajo presentado fomenta el desarrollo de competencias para la adquisición de empleo, la creatividad..., lo que se ve expuesto en la meta 8.3: promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de

trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios financieros. También se puede trabajar el consumo de recursos desde el punto de vista de la creación de artefactos, viéndose involucrada la meta 8.4: mejorar progresivamente, de aquí a 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, conforme al Marco Decenal de Programas sobre modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, empezando por los países desarrollados.

La garantía de la igualdad de oportunidades se refleja cuando todo el alumnado puede acceder a las actividades propuestas, independientemente de antepasados, capacidades físicas o mentales, ya que las actividades permiten diferentes ritmos de aprendizaje. Así se relaciona el trabajo con el objetivo 10. Reducción de desigualdades y su meta 10.3: garantizar la igualdad de oportunidades y reducir la desigualdad de resultados, incluso eliminando las leyes, políticas y prácticas discriminatorias y promoviendo legislaciones, políticas y medidas adecuadas a ese respecto

Por último, hay que destacar el objetivo 13. Acción por el clima, en concreto la meta 13.3: mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana. Las actividades que se proponen en la Secuencia de Enseñanza – Aprendizaje pueden ser desarrolladas por medio del uso de materiales reciclados, de modo que se concientice de la importancia del reciclaje, así como de las causas del cambio climático, entre las que se encuentra la gran cantidad de residuos generados por las poblaciones.