



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades

Máster Universitario en Didáctica de la Física y la Química
en Educación Secundaria y Bachillerato

**Propuesta didáctica para mejorar la
enseñanza del concepto de turbulencia en
estudiantes de grado décimo mediante
ABP**

| | |
|--|-------------------------------|
| Trabajo fin de estudio presentado por: | Daniel Cruz Goyeneche |
| Tipo de trabajo: | Propuesta de enseñanza formal |
| Director/a: | Adrián Andrada Chacón |
| Fecha: | 04 de febrero 2026 |

Resumen

El presente Trabajo de Fin de Máster desarrolla una propuesta didáctica innovadora para la enseñanza de la mecánica de fluidos en grado décimo, centrada específicamente en el fenómeno de la turbulencia. Basado en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y alineado con las orientaciones curriculares del MEN (2006) y del Real Decreto 217/2022, el proyecto “Detectives de la turbulencia” busca convertir el aula en un espacio de indagación científica donde los estudiantes construyan conocimiento a partir de experimentación, análisis y contextualización. La propuesta integra objetivos curriculares y de aprendizaje, competencias científicas y transversales, y una secuencia de ocho sesiones que promueve la observación, el diseño experimental, la modelación y la comunicación científica. Asimismo, incorpora criterios de evaluación formativa coherentes con el enfoque competencial y con la alfabetización científica. El trabajo reflexiona críticamente sobre la necesidad de transformar las prácticas docentes en física para acercar fenómenos complejos a la realidad del estudiante, demostrando que la turbulencia puede ser un contenido accesible, significativo y relevante cuando se articula con el contexto, la tecnología y la exploración activa.

Palabras clave: Turbulencia; Mecánica de fluidos; Aprendizaje Basado en Proyectos; Didáctica de la Física; Evaluación formativa.

Abstract

This Master's Thesis presents a pedagogical proposal grounded in Project-Based Learning (PBL) for the teaching of turbulence within the broader field of fluid mechanics in tenth-grade Physics. The study responds to the current challenge of addressing complex physical phenomena in school contexts, where traditional approaches often hinder conceptual understanding and student engagement. Drawing on Colombian curriculum standards (MEN, 2006) and the Spanish regulatory framework (Real Decreto 217/2022), the proposal designs a sequence of eight sessions that integrates scientific inquiry, modelling, experimentation, and collaborative problem solving. The unit fosters authentic learning by situating turbulence in meaningful real-world contexts and by promoting scientific, digital, and communicative competences. A rubric-based formative assessment system supports continuous evidence-driven feedback. This work highlights the relevance of connecting physics education with students' lived experiences and demonstrates that teaching fluid mechanics through PBL is not only feasible but pedagogically enriching. The proposal aims to contribute to innovative science teaching practices that empower learners to interpret and transform their environment through scientific reasoning.

Keywords: Turbulence; Fluid Mechanics; Project-Based Learning; Physics Education; Formative Assessment.

Índice de contenidos

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Introducción | 8 |
| 1.1. | Justificación y planteamiento del problema | 9 |
| 1.2. | Objetivos del TFE | 11 |
| 1.2.1. | Objetivo general | 11 |
| 1.2.2. | Objetivos específicos | 11 |
| 2. | Marco teórico..... | 11 |
| 2.1. | LA ENSEÑANZA DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS EN LA EDUCACION SECUNDARIA... 11 | 11 |
| 2.1.1. | Importancia de la mecánica de fluidos en la formación científica..... 11 | 11 |
| 2.1.2. | La turbulencia como fenómeno natural y científico | 13 |
| 2.1.3. | Retos didácticos en la enseñanza de fluidos | 15 |
| 2.2. | FUNDAMENTOS DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS (ABP) Y OTRAS METODOLOGÍAS ACTIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA | 17 |
| 2.2.1. | Origen y evolución del ABP | 17 |
| 2.2.2. | Beneficios del ABP en la enseñanza de la física | 19 |
| 2.2.3. | Conexión entre ABP y la enseñanza de fenómenos complejos como la turbulencia. | 21 |
| 3. | Propuesta didáctica..... | 23 |
| 3.1. | Presentación de la propuesta..... | 23 |
| 3.2. | Contextualización de la propuesta | 25 |
| 3.2.1. | Contextualización legal..... | 25 |
| 3.2.2. | Contextualización del centro educativo | 27 |
| 3.2.3. | Contextualización del aula..... | 28 |
| 3.3. | Elementos curriculares: objetivos didácticos, contenidos y competencias..... | 29 |
| 3.3.1. | Objetivos..... | 29 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.3.2. | Contenidos..... | 31 |
| 3.3.3. | Competencias | 32 |
| 3.4. | Cronograma y secuenciación de actividades | 34 |
| 3.4.1. | Cronograma | 34 |
| 3.4.2. | Secuencia de actividades..... | 36 |
| 3.5. | Evaluación..... | 48 |
| 4. | Reflexión sobre la propuesta | 54 |
| 5. | Conclusiones..... | 56 |
| | Referencias bibliográficas..... | 568 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Diagrama de flujo turbulento mediante simulación. | 14 |
| Figura 2 Organizador gráfico de según UNESCO para el ABP..... | 19 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Relación normativa entre Colombia y España | 26 |
| Tabla 2 Competencias a trabajar en la propuesta didáctica y su relación con los objetivos curriculares y de aprendizaje..... | 33 |
| Tabla 3 Cronograma de implementación del proyecto “Detectives de la turbulencia” mediante la metodología ABP. | 34 |
| Tabla 4 Sesión uno de la propuesta didáctica | 36 |
| Tabla 5 Sesión dos de la propuesta didáctica..... | 37 |
| Tabla 6 Sesión tres de la propuesta didáctica | 39 |
| Tabla 7 Sesión cuatro de la propuesta didáctica | 40 |
| Tabla 8 Sesión quinta de la propuesta didáctica | 42 |
| Tabla 9 Sesión seis de la propuesta didáctica | 43 |
| Tabla 10 Sesión séptima de la propuesta didáctica | 45 |
| Tabla 11 Sesión octava de la propuesta didáctica..... | 46 |
| Tabla 12 Rubrica de evaluación del proyecto detectives de la turbulencia..... | 52 |

1. Introducción

La enseñanza de la Física en la educación secundaria enfrenta el desafío de acercar conceptos abstractos y complejos al entendimiento de los estudiantes de manera significativa y contextualizada. Entre estos conceptos, la turbulencia se presenta como un fenómeno especialmente relevante ya que se manifiesta en múltiples situaciones cotidianas (el movimiento del aire, el flujo del agua o la circulación de la sangre) y, sin embargo, rara vez es abordado en el aula más allá de representaciones matemáticas avanzadas. Esta ausencia genera un vacío en la comprensión de los estudiantes sobre un fenómeno natural presente en su contexto, al tiempo que refuerza la percepción de la física como una disciplina rígida y desconectada de la vida diaria. En este sentido, abordar la enseñanza de la turbulencia desde una perspectiva didáctica adecuada constituye una oportunidad para favorecer un aprendizaje más activo, cercano y comprensible.

Esta propuesta se desarrolla en el marco del Máster Universitario en Didáctica de la Física y la Química en Educación Secundaria y Bachillerato de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR) y busca demostrar la integración de los aprendizajes teóricos y metodológicos adquiridos durante la formación en una situación real de enseñanza. Más allá de su carácter académico como requisito para la obtención del título del máster, este trabajo pretende contribuir a la generación de prácticas pedagógicas innovadoras que fortalezcan la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria.

Con este propósito, el presente trabajo plantea el diseño de una propuesta didáctica sustentada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), dirigida a estudiantes de grado décimo de acuerdo con la propuesta educativa colombiana. La propuesta, denominada "Detectives de la turbulencia", busca que los estudiantes investiguen, experimenten y comuniquen sus hallazgos en torno a fenómenos turbulentos mediante actividades prácticas, recursos accesibles y estrategias de trabajo colaborativo. El cuerpo del trabajo se estructura en distintos apartados que permiten dar coherencia al proceso, en primer lugar, un marco teórico que desarrolla los fundamentos didácticos de la mecánica de fluidos en especial el fenómeno de la turbulencia y del ABP en la enseñanza de la Física; luego, el diseño detallado de la propuesta didáctica, con su contextualización, objetivos, secuencia de actividades y

criterios de evaluación; finalmente, una reflexión crítica que valora la pertinencia y potencial impacto de la propuesta en el desarrollo de competencias científicas en el aula de secundaria.

1.1. Justificación y planteamiento del problema

La enseñanza de la física en la educación secundaria enfrenta históricamente la tensión entre el carácter abstracto de muchos de sus conceptos y la necesidad de hacerlos comprensibles y significativos para los estudiantes. Dentro de este panorama, la mecánica de fluidos constituye un eje temático de gran relevancia, pues permite explicar fenómenos que atraviesan tanto la vida cotidiana como los desarrollos tecnológicos y científicos. El comportamiento del agua en movimiento, la circulación de la sangre en el organismo, la dinámica del aire en la atmósfera o el funcionamiento de sistemas de transporte de fluidos son solo algunos ejemplos que muestran su importancia en la comprensión del mundo natural y en la vida social contemporánea (Bravo et al., 2016). No obstante, a pesar de esta pertinencia, los contenidos asociados a la mecánica de fluidos suelen ser relegados a los niveles universitarios o tratados en la secundaria de manera excesivamente matemática, lo que dificulta su apropiación conceptual y genera una desconexión entre el saber escolar y la experiencia del estudiante.

Dentro de los conceptos de mecánica de fluidos, el concepto de turbulencia se presenta como un caso paradigmático de esta dificultad. Este fenómeno, ampliamente presente en el entorno natural como en el humo que asciende de una vela, en los remolinos de un río, en el viento que circula entre edificaciones o incluso en el flujo sanguíneo, rara vez es abordado en la educación secundaria debido a su complejidad y al predominio de aproximaciones matemáticas en su tratamiento (Montijo Valenzuela et al., 2019). En consecuencia, los estudiantes pierden la oportunidad de relacionar la física con fenómenos reales y cercanos, lo que limita tanto su motivación como el desarrollo de competencias científicas asociadas a la observación, la indagación y la explicación de fenómenos naturales. La ausencia de propuestas didácticas que permitan aproximar la turbulencia al aula contribuye a reforzar la percepción de la física como una disciplina distante, difícil y poco aplicable a la vida cotidiana.

Este vacío resulta particularmente problemático si se tiene en cuenta que la didáctica de las ciencias ha avanzado en la formulación de metodologías que buscan superar los enfoques tradicionales centrados en la transmisión de información. Entre estas, el Aprendizaje

Basado en Proyectos (ABP) ha mostrado un impacto positivo en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, en la motivación y en la construcción de aprendizajes significativos en estudiantes de secundaria (Bermúdez, 2021). El ABP, al situar a los estudiantes en el centro del proceso de aprendizaje, fomenta la resolución de problemas auténticos, la colaboración entre pares y la vinculación del conocimiento escolar con contextos reales. Asimismo, experiencias de aprendizaje cooperativo como la técnica del rompecabezas de Aronson han demostrado que es posible construir conocimiento de manera colectiva, favoreciendo la participación activa y la autonomía en el aprendizaje (Martínez & Gómez, 2009).

En este sentido, abordar la enseñanza de la turbulencia mediante el ABP se configura como una oportunidad didáctica para transformar la manera en que los estudiantes se aproximan a la física. Al diseñar proyectos que integren la observación, la experimentación con recursos accesibles, el uso de simulaciones digitales y la comunicación de hallazgos, es posible ofrecer un aprendizaje más cercano, interdisciplinar y motivador. Esto permitiría no solo comprender un fenómeno físico complejo, sino también fortalecer la alfabetización científica, entendida como la capacidad de interpretar, analizar y comunicar fenómenos naturales en contextos diversos (Bravo et al., 2016). La necesidad de propuestas de este tipo se enmarca, además, en los compromisos internacionales de la educación científica, que enfatizan la formación de ciudadanos críticos y capaces de resolver problemas del entorno (UNESCO, 2017).

Así, el problema central que motiva esta investigación radica en la carencia de propuestas didácticas innovadoras que acerquen el concepto de turbulencia a los estudiantes de secundaria, superando las limitaciones de la enseñanza tradicional y fomentando aprendizajes más significativos. Esta situación plantea la necesidad de diseñar una propuesta didáctica que, sustentada en el Aprendizaje Basado en Proyectos, permita a los estudiantes de grado décimo aproximarse al fenómeno de la turbulencia de manera activa, contextualizada e interdisciplinar, promoviendo a su vez el desarrollo de competencias científicas y la motivación hacia el estudio de la física.

Por consiguiente, se plantea la siguiente pregunta de investigación: *¿Cómo diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de turbulencia en el marco de la dinámica de fluidos, mediante la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), orientada a estudiantes de grado décimo?*

1.2. Objetivos del TFE

1.2.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de turbulencia en el marco de la dinámica de fluidos, mediante la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), orientada a estudiantes de grado décimo en Colombia.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar los fundamentos teóricos y didácticos del concepto de turbulencia y su relación con la dinámica de fluidos, con el fin de identificar contenidos clave y posibles dificultades de aprendizaje en estudiantes de grado décimo.
- Revisar y sistematizar enfoques metodológicos innovadores en la enseñanza de la Física, con especial atención al Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), para sustentar teóricamente la propuesta didáctica.
- Diseñar una secuencia de actividades y situaciones de aprendizaje, fundamentadas en el ABP, que promuevan la comprensión del fenómeno de la turbulencia y potencien el desarrollo del pensamiento científico en los estudiantes.
- Evaluar la coherencia pedagógica, científica y metodológica de la propuesta didáctica, considerando su pertinencia curricular y su potencial para fortalecer competencias científicas en estudiantes de grado décimo.

2. Marco teórico

2.1. LA ENSEÑANZA DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS EN LA EDUCACION SECUNDARIA

2.1.1. Importancia de la mecánica de fluidos en la formación científica.

La mecánica de fluidos ocupa un lugar central en la formación científica de los estudiantes, no solo por su valor intrínseco en la física, sino también por sus múltiples aplicaciones en la vida cotidiana y en diversos campos profesionales. Comprender fenómenos como la presión, la flotación, la continuidad y la turbulencia resulta esencial para explicar desde situaciones simples tales como el vuelo de un avión o el funcionamiento de una bomba hidráulica hasta fenómenos complejos relacionados con la meteorología, la biología o la ingeniería. Tal como

señalan Bravo et al., (2016), *“los conceptos de fluidos se encuentran presentes en numerosos ámbitos de la vida diaria, de manera que su enseñanza debe trascender el plano teórico y vincularse con experiencias prácticas que favorezcan aprendizajes significativos”* (p. 107).

Diversos estudios han evidenciado que la enseñanza de la mecánica de fluidos en educación secundaria fortalece competencias científicas básicas y fomenta una actitud investigativa en los estudiantes. Londoño Jiménez (2014) mostró que una secuencia didáctica orientada por el modelo Enseñanza para la Comprensión permitió a estudiantes de octavo grado construir de manera progresiva los conceptos de densidad, presión y principios de Pascal y Arquímedes. Este hallazgo confirma que la física de fluidos no debe relegarse a niveles universitarios, pues su abordaje temprano favorece la consolidación de esquemas conceptuales necesarios para aprendizajes más complejos.

La relevancia de este campo no radica únicamente en los contenidos, sino en las oportunidades que ofrece para vincular la teoría con la práctica y promover aprendizajes contextualizados. Ruiz Bautista (2015), al diseñar estrategias experimentales sobre dinámica de fluidos para grado décimo, demostró que la relación con situaciones del entorno, como la circulación sanguínea o la dinámica del agua en tuberías, incrementa la motivación y mejora la comprensión de las leyes que rigen el comportamiento de los fluidos. En la misma línea, Peña Leguizamón (2018) destaca cómo proyectos prácticos como la construcción de cohetes hidráulicos permiten desarrollar habilidades cognitivas complejas, además de propiciar el trabajo colaborativo y la integración de principios científicos con experiencias significativas.

En el contexto educativo colombiano, los contenidos de mecánica de fluidos se encuentran incorporados dentro del currículo oficial establecido por el Ministerio de Educación Nacional (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2006), particularmente en el eje temático *“Interacciones y cambios”*, que orienta el aprendizaje de la Física en los grados noveno y décimo. En este nivel, los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales plantean que los estudiantes deben ser capaces de *“explicar fenómenos naturales relacionados con el movimiento, la fuerza, la energía y las propiedades de los fluidos”* (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2006, p. 64). Dicho bloque de contenidos abarca conceptos como la presión, densidad, flotación, principio de Pascal, principio de Arquímedes y dinámica de fluidos, los cuales constituyen la base conceptual para comprender fenómenos más complejos como la turbulencia. De acuerdo con (Londoño Jiménez, 2014) y

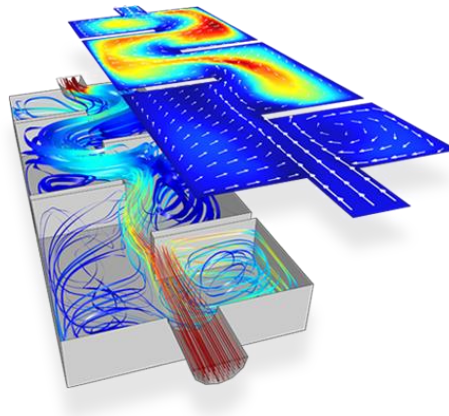
Bravo et al., (2016), abordar estos temas en el grado décimo resulta fundamental, ya que permite consolidar una visión unificada de la Física como ciencia de la materia en movimiento, facilitando la transición hacia aprendizajes superiores. Así, el estudio de la mecánica de fluidos no solo tiene respaldo curricular, sino que representa una oportunidad pedagógica para desarrollar competencias científicas y promover la alfabetización científica desde un enfoque activo, experimental y contextualizado.

En este sentido, la enseñanza de la mecánica de fluidos cumple una doble función: por un lado, proporciona los fundamentos científicos para la comprensión del mundo natural y tecnológico; por otro, constituye un escenario privilegiado para el desarrollo de competencias científicas como la observación, la experimentación, el análisis y la comunicación de resultados. Tal como señalan Bravo et al., (2016), cuando el estudio de los fluidos se aborda desde metodologías activas, *“los estudiantes no solo logran aprendizajes significativos, sino que también transforman su relación con la física, pasando de la memorización de fórmulas a la construcción de explicaciones”* (p. 110). Esta perspectiva refuerza la pertinencia de diseñar propuestas didácticas innovadoras que integren fenómenos complejos como la turbulencia, contribuyendo así a una formación científica más sólida y motivadora en la educación secundaria.

2.1.2. La turbulencia como fenómeno natural y científico

La turbulencia ha sido descrita como uno de los problemas abiertos más importantes de la física, debido a su complejidad matemática y a la dificultad de generar modelos que logren predecirla con exactitud. Según Sanjuán y Casado (2005), *“la turbulencia, pese a estar presente en numerosos fenómenos naturales, sigue siendo uno de los grandes enigmas de la dinámica no lineal y un reto vigente para la comunidad científica”* (p. 3). Este fenómeno se caracteriza por el movimiento irregular y caótico de los fluidos, en el que aparecen remolinos, variaciones bruscas de presión y velocidad, así como estructuras inestables que se forman y desaparecen de manera continua, como se presenta en la ilustración número uno. En contraste con el flujo laminar, que puede describirse con relativa facilidad mediante ecuaciones diferenciales clásicas, la turbulencia exige un tratamiento no lineal y multidisciplinar que integra física, matemáticas aplicadas e ingeniería.

Figura 1 Diagrama de flujo turbulento mediante simulación.



Fuente <https://www.addlink.es/noticias/comsol/2631-software-de-simulacion-para->

Más allá de los marcos teóricos, la turbulencia se manifiesta de manera cotidiana en fenómenos cercanos al estudiante y fácilmente observables. Daza Sarmiento (2007) afirma que *“la turbulencia está en todas partes: en el humo de una vela, en el agua de los ríos, en el aire que circula alrededor de un avión o en la sangre que corre por nuestras venas”* (p. 112). Este carácter omnipresente convierte a la turbulencia en un fenómeno especialmente rico para ser explorado en el aula, no solo porque conecta la física con situaciones reales, sino también porque despierta la curiosidad y plantea preguntas abiertas que invitan a la indagación. Asimismo, su naturaleza interdisciplinaria permite establecer vínculos con otras ciencias como la biología, la meteorología, la geología y la ingeniería, e incluso con ámbitos culturales y artísticos donde los patrones caóticos de los fluidos han servido como inspiración estética.

Desde un punto de vista científico, la turbulencia no solo es relevante para la comprensión de fenómenos naturales, sino que constituye un campo con implicaciones prácticas de gran alcance. En la ingeniería hidráulica, por ejemplo, resulta esencial para el diseño de canales y tuberías; en la aeronáutica, para la seguridad y eficiencia del transporte aéreo; y en la meteorología, para el estudio del clima y de fenómenos atmosféricos extremos (López Gómez & Gassó Sánchez, 2025). Como señalan estos autores, *“comprender la turbulencia no es solo un interés académico, sino una necesidad técnica para enfrentar problemas que afectan directamente a la sociedad”* (p. 7).

En el ámbito educativo, acercar a los estudiantes al estudio de la turbulencia representa una oportunidad para enriquecer la enseñanza de la física en secundaria. Cruz Goyeneche (2019) sostiene que *“El trabajo experimental en torno a la turbulencia favorece el tránsito de una física meramente matemática hacia una física comprensible, observable y cercana”* (p. 56). A través de experiencias prácticas y recursos accesibles (como visualizaciones con agua, humo o simuladores digitales) es posible resignificar la enseñanza de la dinámica de fluidos y superar la percepción de la física como una disciplina rígida y descontextualizada. De este modo, la turbulencia se convierte no solo en un objeto de estudio científico, sino en un recurso pedagógico para promover la alfabetización científica, la observación rigurosa y la construcción de explicaciones fundamentadas.

2.1.3. Retos didácticos en la enseñanza de fluidos

La enseñanza de la mecánica de fluidos en la educación secundaria representa un desafío significativo tanto para estudiantes como para docentes. Si bien este campo constituye un eje fundamental para la comprensión de múltiples fenómenos naturales y tecnológicos, su abordaje en el aula suele estar marcado por una serie de limitaciones didácticas que dificultan la construcción de aprendizajes significativos. Uno de los principales problemas se encuentra en la forma tradicional en que se presenta este contenido: a través de fórmulas, definiciones abstractas y problemas descontextualizados. Tal como señalan Bravo et al., 2016 *“el aprendizaje de la física de fluidos suele estar mediado por la memorización de fórmulas, sin dar cabida a la exploración experimental que posibilite una verdadera comprensión”* (p. 107). Este enfoque conduce a que los estudiantes asocien la mecánica de fluidos con un cúmulo de cálculos algebraicos y no con la posibilidad de interpretar la realidad, generando así una percepción de inaccesibilidad y desmotivación hacia la física.

Otro reto didáctico relevante tiene que ver con la falta de contextualización de los fenómenos. Con frecuencia, los temas de presión, flotación, caudal o turbulencia se presentan como conceptos aislados, desconectados de situaciones concretas que los estudiantes puedan reconocer en su entorno. Ruiz Bautista (2015) evidenció en su investigación que las dificultades se reducen cuando se vincula la dinámica de fluidos con experiencias próximas al estudiantado, como la circulación sanguínea o el flujo de agua en sistemas hidráulicos. Esta estrategia no solo facilita la comprensión conceptual, sino que también aumenta la motivación al permitir que los estudiantes perciban la utilidad del conocimiento adquirido. En este

sentido, la ausencia de una enseñanza contextualizada se convierte en una barrera para la construcción de significados auténticos, lo que hace necesario un cambio en la manera de concebir los contenidos escolares.

A estas limitaciones se suma la escasa disponibilidad de recursos didácticos que posibiliten un aprendizaje activo y experimental. Si bien hoy existen simuladores digitales y dispositivos de bajo costo que permiten representar fenómenos de fluidos, muchos centros educativos carecen de laboratorios equipados o de materiales específicos para la enseñanza de estos temas. Londoño Jiménez (2014) insiste en que el diseño de secuencias didácticas efectivas requiere *“recursos experimentales que acompañen la exploración y modelización de los fenómenos físicos”* (p. 45), pues sin ellos los estudiantes quedan reducidos a la observación pasiva o a la repetición mecánica de procedimientos. Frente a esta situación, el docente se ve obligado a improvisar o a diseñar materiales propios, lo cual puede convertirse en una oportunidad de innovación, pero también en una carga que limita la implementación sistemática de prácticas activas.

Un aspecto no menos importante está relacionado con la formación del profesorado. Enseñar mecánica de fluidos desde un enfoque tradicional no exige mayores transformaciones metodológicas; sin embargo, hacerlo desde metodologías activas, centradas en la indagación y la experimentación, demanda que los docentes asuman un rol diferente ya no como transmisores de información, sino como mediadores que guían procesos abiertos y flexibles. Peña Leguizamón (2018), en su propuesta con cohetes hidráulicos, advierte que el éxito de este tipo de experiencias depende en gran medida de la disposición del docente para favorecer el trabajo colaborativo y la reflexión crítica, alejándose de la comodidad de la clase magistral. Esta situación pone de manifiesto que los retos no son solo de índole pedagógica, sino también institucional y formativa, pues implican repensar la preparación del profesorado para que pueda acompañar a los estudiantes en procesos de aprendizaje más activos y complejos.

De manera transversal, subyace un desafío mayor dado que lograr una la enseñanza de la mecánica de fluidos contribuya efectivamente a la alfabetización científica de los estudiantes. Esto implica no solo transmitir contenidos, sino también fomentar el desarrollo de competencias científicas como la observación rigurosa, la capacidad de formular hipótesis, el diseño de experimentos, la interpretación de resultados y la comunicación de conclusiones.

En la medida en que la enseñanza de los fluidos se limite a la aplicación de fórmulas descontextualizadas, se estará desaprovechando su enorme potencial para fortalecer el pensamiento científico y la curiosidad investigativa. En consecuencia, la pregunta no es únicamente cómo enseñar los contenidos de la mecánica de fluidos, sino cómo transformar esa enseñanza para que responda a las necesidades educativas de los estudiantes del nuevo milenio.

En suma, los retos didácticos de la enseñanza de fluidos se expresan en cuatro dimensiones principales, la excesiva abstracción de los contenidos, la falta de contextualización, las limitaciones en recursos experimentales y la necesidad de una formación docente que habilite metodologías activas. Superarlos requiere propuestas innovadoras que integren el componente conceptual con experiencias significativas y cercanas al estudiantado. En este horizonte, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se configura como una alternativa metodológica capaz de responder a estos desafíos, al permitir que los estudiantes no solo comprendan los principios de la mecánica de fluidos, sino que los vivan, los cuestionen y los apliquen en la resolución de problemas del mundo real.

2.2. FUNDAMENTOS DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS (ABP) Y OTRAS METODOLOGÍAS ACTIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

2.2.1. Origen y evolución del ABP

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) surge en el marco de las pedagogías progresistas que, a inicios del siglo XX, cuestionaron la enseñanza tradicional basada en la repetición y la memorización de contenidos. John Dewey es considerado uno de los principales precursores de este enfoque al proponer que la educación debía situarse en la vida real y ser entendida como una práctica de construcción social. En *Democracy and Education*, Dewey (1916) señaló que *“La educación no es preparación para la vida; la educación es la vida misma”* (p. 243), destacando que la experiencia y la acción son las bases del aprendizaje. Con ello, sentó las condiciones para una escuela centrada en la participación activa del estudiante, capaz de enfrentar problemas auténticos en lugar de limitarse a la transmisión pasiva del saber.

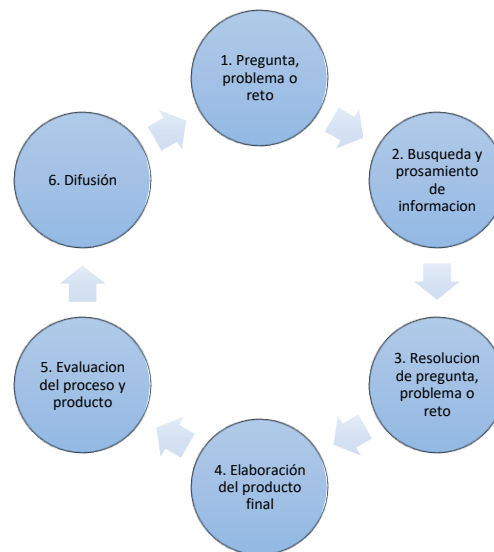
A partir de estas ideas, William Kilpatrick (1918) sistematizó lo que se denominó el método de proyectos. Este consistía en organizar la enseñanza en torno a actividades que tuvieran un propósito significativo para los estudiantes, integrando lo cognitivo con lo afectivo

y lo práctico. Kilpatrick defendía que un proyecto debía concebirse como una experiencia vital, orientada a resolver una situación real y vinculada con los intereses del alumno. Esta propuesta representó un quiebre con la enseñanza fragmentada de contenidos, promoviendo un aprendizaje holístico e interdisciplinar. Como señalan Rekalde y García (2015), el ABP *“no solo propone un cambio metodológico, sino una transformación en la manera de entender la práctica docente y la participación del estudiante”* (p. 14).

En las décadas siguientes, el ABP se fue consolidando como metodología activa y fue adaptándose a distintos contextos educativos. Durante los años sesenta y setenta alcanzó gran difusión en la educación superior, especialmente en programas de medicina y ciencias sociales, donde los estudiantes se enfrentaban a problemas complejos que requerían tanto conocimientos conceptuales como habilidades prácticas (Martí et al., 2010). A partir de la década de los ochenta, el ABP comenzó a integrarse con mayor fuerza en la educación básica y media, asociado a movimientos pedagógicos que buscaban superar el carácter memorístico de la enseñanza y fomentar el pensamiento crítico. Bermúdez (2021) subraya que este tipo de metodologías *“No se reducen a la adquisición de contenidos, sino que potencian habilidades de orden superior, necesarias para enfrentar los retos de una sociedad compleja”* (p. 82).

Ya en el siglo XXI, el ABP ha adquirido un lugar central en debates educativos a nivel global, asociado al desarrollo de competencias clave como la creatividad, la autonomía, la colaboración y la resolución de problemas. En los documentos internacionales de política educativa, como los vinculados a la OCDE y la UNESCO, se reconoce al ABP como una estrategia eficaz para articular el currículo con los desafíos del mundo real y la formación de ciudadanos activos mediante doce pasos que el educador debe tener en cuenta en su realización (Visualizar diagrama número uno). Al mismo tiempo, la incorporación de tecnologías digitales ha permitido enriquecer los proyectos con simulaciones, entornos virtuales y trabajo colaborativo en red, ampliando los horizontes de esta metodología (Rekalde Rodríguez & García Vílchez, 2015)

Figura 2 Organizador gráfico de según UNESCO para el ABP



El desarrollo histórico del ABP, desde las propuestas fundacionales de Dewey y Kilpatrick hasta su consolidación en la actualidad, muestra que no se trata de una moda pedagógica pasajera, sino de un enfoque que ha logrado sostenerse y renovarse en distintos escenarios. Como plantean varios de los estudios revisados, su evolución ha estado ligada a la necesidad de construir aprendizajes significativos, interdisciplinarios y contextualizados, capaces de responder a los retos de la sociedad contemporánea. Este recorrido permite comprender por qué el ABP se ha convertido en una de las metodologías más sólidas dentro del movimiento de innovación educativa, y prepara el terreno para explorar sus beneficios específicos en la enseñanza de la física, asunto que se abordará en el siguiente apartado.

2.2.2. Beneficios del ABP en la enseñanza de la física

Diversas investigaciones han mostrado que el ABP permite superar los enfoques centrados en la memorización y promueve un aprendizaje autónomo, crítico y conectado con el entorno. Antón (2016), en una experiencia de innovación en educación universitaria, evidencia que esta metodología incrementa la motivación intrínseca de los estudiantes y potencia el desarrollo de competencias científicas, ya que sitúa a los alumnos como protagonistas de su aprendizaje y desplaza al docente hacia un rol de mediador o facilitador. En palabras del autor, este cambio en la organización del aula *“transforma la relación con los contenidos y con la propia disciplina, dotando de sentido lo que antes se reducía a fórmulas o definiciones abstractas”* (p. 89).

De manera complementaria, Zambrano et al., (2022) destacan que el ABP ofrece un marco adecuado para la enseñanza de las ciencias al generar procesos interdisciplinarios, críticos y contextualizados. Su investigación muestra que, al trabajar con proyectos, los estudiantes desarrollan competencias vinculadas a la investigación, la resolución de problemas, la comunicación científica y el trabajo en equipo, al tiempo que disminuyen la apatía y la desmotivación que suelen generar los métodos tradicionales. Desde esta perspectiva, el ABP no solo mejora el rendimiento académico, sino que también fortalece habilidades sociales y actitudes de colaboración indispensables en el ámbito científico.

El impacto del ABP también se ha evidenciado en contextos educativos que integran la física con otras disciplinas bajo el enfoque STEM. Burgos et al., 2025 señalan que el ABP constituye un recurso eficaz para que los estudiantes logren comprender conceptos abstractos y aplicarlos a problemas reales, favoreciendo así el desarrollo de la capacidad lógico matemática, la toma de decisiones fundamentadas y la comunicación grupal. Estos autores resaltan que uno de los mayores beneficios del ABP radica en su capacidad para vincular la teoría con la práctica, promoviendo que el estudiante deje de ver la física como un saber aislado para reconocerla como parte integral de la resolución de problemas del mundo real.

Por otro lado, la integración del ABP con tecnologías digitales potencia aún más sus beneficios en la enseñanza de la física. Peña et al., (2019) documentan una experiencia en la que los estudiantes diseñaron y construyeron prototipos experimentales para analizar fenómenos ondulatorios. Los resultados mostraron que un alto porcentaje de los participantes desarrolló actitudes científicas como la curiosidad, el pensamiento crítico, la disposición a la investigación y la capacidad de comunicar resultados. Según los autores, *“el 77% de los estudiantes manifestó un cambio positivo en su actitud hacia la ciencia, consolidando competencias comunicativas y de trabajo colaborativo”* (p. 130). Esto evidencia que el ABP no solo fortalece el aprendizaje conceptual, sino que también tiene un impacto formativo en la dimensión actitudinal y valorativa, aspecto clave para la alfabetización científica.

En conjunto, los hallazgos de estos estudios coinciden en que el ABP constituye una estrategia didáctica altamente beneficiosa para la enseñanza de la física, pues articula el desarrollo conceptual con la experimentación práctica, la reflexión crítica y la colaboración entre pares. Sus aportes trascienden la adquisición de contenidos para incidir en la formación

integral del estudiante, al estimular la creatividad, la autonomía, la capacidad de trabajar en equipo y la valoración de la ciencia como herramienta para comprender y transformar el mundo. Estas ventajas no solo justifican su implementación en las aulas de física, sino que también refuerzan la pertinencia de emplearlo para abordar fenómenos complejos, como la turbulencia, que exigen un aprendizaje activo, interdisciplinar y significativo.

2.2.3. Conexión entre ABP y la enseñanza de fenómenos complejos como la turbulencia.

Uno de los mayores desafíos en la enseñanza de la física en la educación secundaria consiste en aproximar a los estudiantes a fenómenos de gran complejidad conceptual, como es el caso de la turbulencia. Este fenómeno, omnipresente en la naturaleza y la vida cotidiana, ha sido tradicionalmente abordado desde una perspectiva estrictamente matemática y en niveles avanzados de formación. Este enfoque lo convierte en un contenido distante y, en muchos casos, inaccesible para los estudiantes de bachillerato. Así, la turbulencia se reduce a una mera referencia, sin que los jóvenes tengan la oportunidad de experimentar con ella, observarla o vincularla con problemáticas reales de su entorno.

Sin embargo, la implementación de metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) abre un horizonte distinto. Esta estrategia, al situar al estudiante como protagonista del proceso de aprendizaje, fomenta la indagación, la exploración y la resolución de problemas auténticos. En este marco, la turbulencia deja de ser un fenómeno reservado para especialistas y se convierte en un escenario de aprendizaje interdisciplinar, donde los alumnos pueden diseñar experimentos, generar representaciones, construir modelos y comunicar sus hallazgos. Tal como sostienen Antón (2016) y Peña et al., (2019), el ABP favorece que los estudiantes comprendan conceptos abstractos a través de proyectos que vinculan la teoría con la práctica y potencian la motivación, la creatividad y el pensamiento crítico.

En esta misma línea, Cruz Goyeneche (2019) plantea que la turbulencia debe abordarse en el aula como un fenómeno observable y comprensible, y no únicamente como un problema matemático de difícil acceso. El autor enfatiza que experiencias sencillas con recursos al alcance de los estudiantes pueden convertirse en poderosas oportunidades para desarrollar habilidades de observación, análisis y comunicación científica. Desde esta perspectiva, el ABP ofrece el espacio pedagógico ideal para que los estudiantes formulen preguntas, elaboren hipótesis, experimenten y contrasten explicaciones, actuando como verdaderos

investigadores en un campo en el que incluso la comunidad científica reconoce vacíos y desafíos teóricos.

La pertinencia de este enfoque se evidencia al contrastarlo con los lineamientos y estándares de la educación colombiana. Los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2006) subrayan la importancia de que los estudiantes logren explicar fenómenos naturales a partir de la observación, la indagación y la modelación, reconociendo a la ciencia como un proceso en construcción constante. Del mismo modo, los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental destacan la necesidad de que la enseñanza fomente la capacidad de los estudiantes para identificar problemas, proponer soluciones y vincular el conocimiento con el contexto social y ambiental. Bajo estas directrices, la turbulencia se configura como un escenario privilegiado para desarrollar competencias científicas y ciudadanas, ya que conecta con realidades locales como el flujo de los ríos, el impacto de la contaminación atmosférica o el diseño de infraestructuras urbanas.

En este horizonte, resulta imprescindible que la enseñanza de la mecánica de fluidos, y en particular del fenómeno de la turbulencia, trascienda la simple transmisión de fórmulas para enfocarse en la formación de competencias científicas. Tal como establecen los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2006), los estudiantes deben ser capaces de *“explicar fenómenos naturales a partir de la observación, la indagación y la construcción de modelos”* (p. 43). Desde esta perspectiva, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se configura como un camino pertinente para potenciar procesos de indagación, al fomentar la formulación de preguntas y la experimentación (Cruz Goyeneche, 2019); de modelización, mediante la construcción de representaciones que permitan comprender y simular flujos turbulentos (Peña, Rodríguez, & Cárdenas, 2019); y de comunicación científica, al socializar resultados y argumentar explicaciones en contextos colaborativos (Antón, 2016). De este modo, la propuesta de enseñanza aquí planteada se alinea con los retos actuales de la educación científica, al promover aprendizajes que son a la vez conceptuales, procedimentales y actitudinales, en consonancia con las demandas de una alfabetización científica integral.

Además, el ABP permite que el abordaje de la turbulencia sea interdisciplinario, articulando la física con áreas como la biología, la química, la ingeniería o incluso las artes visuales, cuando se analizan patrones estéticos en los flujos turbulentos. Burgos et al., (2025)

sostienen que esta integración es clave para que los estudiantes comprendan los fenómenos en su complejidad y puedan aplicar los conceptos en la resolución de problemas reales. Desde esta mirada, el estudio de la turbulencia no solo enriquece la enseñanza de la física, sino que también contribuye al desarrollo de competencias transversales como la comunicación, el trabajo en equipo y la toma de decisiones.

Por todo lo anterior, la conexión entre el ABP y la enseñanza de fenómenos complejos como la turbulencia no se limita a un cambio metodológico, sino que constituye una oportunidad para replantear el lugar de la física en la educación secundaria. Se trata de transformar un conocimiento que suele percibirse como abstracto y difícil en una experiencia de aprendizaje viva, significativa y situada, en la que los estudiantes construyen sentido a partir de su interacción con el mundo natural. Como lo subraya Cruz Goyeneche (2019), la clave no está en simplificar el fenómeno hasta vaciarlo de contenido, sino en generar estrategias que lo hagan accesible, motivador y científicamente riguroso dentro del aula.

3. Propuesta didáctica

3.1. Presentación de la propuesta

La presente propuesta didáctica, titulada “*Detectives de la Turbulencia*”, se enmarca en el contexto de la enseñanza de la Física en grado décimo de acuerdo con la normativa colombiana y tiene como propósito fortalecer la comprensión del fenómeno de la turbulencia a través del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), complementado con elementos del enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA). Surge como respuesta a una necesidad detectada en la educación secundaria: la dificultad que presentan los estudiantes para comprender la dinámica de fluidos y, en especial, el carácter complejo y abstracto del concepto de turbulencia. Este tema, a pesar de su relevancia científica y cotidiana, suele ser tratado superficialmente en los currículos escolares o abordado desde una perspectiva meramente matemática, lo que limita su comprensión y desmotiva el aprendizaje.

La propuesta busca transformar esa realidad al situar la experiencia del aprendizaje en un contexto activo y experimental, donde los estudiantes se convierten en “*Detectives científicos*” encargados de investigar cómo se manifiesta la turbulencia en su entorno, qué factores la generan y qué implicaciones tiene en la vida diaria. De esta manera, el aprendizaje se organiza a partir de una pregunta central: ¿cómo podemos observar, explicar y modelar la

turbulencia en los fluidos que nos rodean? A partir de esta pregunta, se estructura un proyecto que articula la observación, la experimentación y la construcción de modelos con el desarrollo de competencias científicas, comunicativas y ciudadanas, tal como lo establecen los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales del MEN (2006).

El proyecto propone un aprendizaje auténtico en el que los estudiantes no solo aplican conocimientos teóricos sobre la dinámica de fluidos, sino que formulan hipótesis, diseñan experiencias, analizan resultados y comunican sus conclusiones a través de productos colaborativos, como infografías, videos explicativos o demostraciones experimentales. En consonancia con el modelo del ABP, el docente asume un rol de mediador y guía, acompañando los procesos de indagación y favoreciendo la autonomía del estudiante. El componente CTSA se integra al relacionar el estudio de la turbulencia con fenómenos reales como el flujo del agua en sistemas urbanos, el movimiento del aire y la contaminación, o la aerodinámica en el transporte, promoviendo la reflexión sobre el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad y el ambiente.

“Detectives de la Turbulencia” se desarrollará en un periodo de cuatro semanas, distribuidas en ocho sesiones de una hora y cuarenta y cinco minutos, en una institución educativa pública de Bogotá D.C., con un grupo de aproximadamente 40 estudiantes de grado décimo. Este grupo se caracteriza por su creatividad, responsabilidad y disposición hacia el trabajo colaborativo, aunque manifiesta ciertas dificultades en la relación entre lo físico y lo matemático, así como una limitada motivación hacia la asignatura. Por ello, el proyecto pretende no solo mejorar la comprensión conceptual del fenómeno, sino también estimular la curiosidad científica, el pensamiento crítico y la conexión emocional con la física, haciendo visible la presencia de la turbulencia en el entorno cotidiano de los estudiantes.

De manera general, esta propuesta pretende demostrar que la enseñanza de la física puede convertirse en una experiencia significativa cuando se conecta con la realidad, se orienta hacia la indagación y promueve la participación activa del estudiante. En coherencia con el objetivo general del trabajo de fin de máster, *“Detectives de la Turbulencia”* busca ser una propuesta innovadora que contribuya tanto a la alfabetización científica como al fortalecimiento de las competencias investigativas en la educación secundaria, ofreciendo un modelo replicable para otros contextos educativos donde la enseñanza de la física aún enfrenta retos de abstracción y desmotivación.

3.2. Contextualización de la propuesta

3.2.1. Contextualización legal

La propuesta didáctica se enmarca en los lineamientos normativos que orientan la enseñanza de las ciencias en los niveles de educación secundaria y bachillerato, tanto en el contexto español como en el colombiano. En España, la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre (LOMLOE), establece un modelo educativo basado en el desarrollo de competencias clave y en la integración de metodologías activas que promuevan aprendizajes significativos y contextualizados. En coherencia con ello, el Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, que regula la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato, incorpora la física dentro del bloque de materias que contribuyen al desarrollo de la competencia científica, la competencia digital y la competencia para aprender a aprender. Este marco enfatiza la necesidad de que el alumnado comprenda la ciencia como un proceso en constante construcción, favoreciendo la investigación, la resolución de problemas y el pensamiento crítico.

En particular, el currículo español del Bachillerato subraya la importancia de la Física como disciplina que integra el análisis de los fenómenos naturales mediante modelos explicativos y experimentales. El Real Decreto 217/2022 destaca que la enseñanza debe orientarse al estudio de conceptos como el movimiento de los fluidos, la presión y las leyes que rigen su comportamiento, con el fin de explicar tanto fenómenos naturales como aplicaciones tecnológicas. En este sentido, la propuesta que se presenta responde plenamente a estas directrices, ya que aborda la dinámica de fluidos y la turbulencia mediante el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), favoreciendo la comprensión del conocimiento científico a través de la indagación, la experimentación y el análisis de situaciones del entorno.

En el contexto colombiano, el Ministerio de Educación Nacional (MEN), a través de los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental (1998) y los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (2006), establece que la enseñanza de la física debe promover la comprensión de los fenómenos naturales desde un enfoque investigativo y reflexivo. Estos documentos señalan que, en grado décimo, los estudiantes deben profundizar en los principios de la mecánica de fluidos, tales como la presión, la densidad, el principio de Arquímedes, la ecuación de continuidad y los flujos de fluidos, tanto laminares como turbulentos. Se espera que a partir de estos contenidos los jóvenes puedan

interpretar fenómenos naturales, reconocer aplicaciones tecnológicas y establecer relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA).

Teniendo en cuenta la propuesta didáctica que se desarrolla en este trabajo se enmarca dentro de los referentes curriculares establecidos tanto en el contexto colombiano como en el español, con el propósito de evidenciar su coherencia con las orientaciones educativas nacionales e internacionales. En ambos sistemas, la enseñanza de la física, y en particular de la mecánica de fluidos, se concibe como un espacio privilegiado para el desarrollo del pensamiento científico, la indagación y la resolución de problemas reales. A continuación, se presenta una comparación entre el marco normativo y curricular de ambos países (Tabla número 1), con el fin de establecer los puntos de convergencia que fundamentan la pertinencia de abordar el fenómeno de la turbulencia mediante el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

Tabla 1 Relación normativa entre Colombia y España

| Eje de comparación | Colombia | España | Síntesis comparativa y aplicación en la propuesta didáctica |
|--|---|--|---|
| Marco legal y normativo | Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales (MEN, 1998) y Estándares Básicos de Competencias (MEN, 2006). Promueven la enseñanza de las ciencias mediante la indagación, la experimentación y el enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente). | Ley Orgánica 3/2020 (LOMLOE) y Real Decreto 217/2022. Impulsan una enseñanza competencial, inclusiva y basada en metodologías activas, destacando la investigación y el trabajo por proyectos. | Ambos sistemas convergen en el enfoque competencial y en la necesidad de metodologías activas. Esto respalda el uso del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como marco didáctico común para abordar la turbulencia. |
| Enfoque pedagógico y metodológico | Se orienta hacia la formación científica y ciudadana mediante la indagación, el aprendizaje por proyectos y la contextualización del conocimiento en problemas reales. | Promueve un aprendizaje autónomo y significativo centrado en situaciones de aprendizaje interdisciplinarias y la resolución de problemas contextualizados. | Tanto el MEN como la LOMLOE priorizan el aprendizaje significativo y la investigación escolar, principios que sustentan el diseño del proyecto didáctico. |
| Bloque de contenidos: Mecánica de fluidos | Incluido en grado décimo dentro del componente "Interacciones y cambios". Se abordan conceptos como presión, densidad, continuidad del flujo, flotación y turbulencia. | En 1.º y 2.º de Bachillerato, la Física incluye el estudio del fluido en reposo y en movimiento, con énfasis en la ecuación de Bernoulli y fenómenos de flujo laminar y turbulento. | Ambos currículos incluyen la dinámica de fluidos en los niveles superiores de secundaria, lo que valida la pertinencia de centrar el proyecto en el fenómeno de la turbulencia. |

| | | | |
|---|---|--|--|
| Competencias científicas esperadas | Observación, formulación de hipótesis, experimentación, interpretación de resultados, comunicación científica y trabajo colaborativo. | Pensamiento científico, análisis crítico, modelización, resolución de problemas, y comunicación científica en contextos interdisciplinarios. | Las competencias son equivalentes y refuerzan el carácter investigativo y comunicativo del proyecto, centrado en la construcción del conocimiento científico. |
| Aportes al diseño de la propuesta | Fomenta la integración del enfoque CTSA y la aplicación de la ciencia a problemáticas del entorno local. | Refuerza el carácter competencial y transversal del aprendizaje, vinculado a la sostenibilidad y la innovación educativa. | La propuesta integra ambos enfoques, articulando el ABP con la indagación científica y la resolución de problemas reales asociados a la turbulencia en contextos naturales y tecnológicos. |

3.2.2. Contextualización del centro educativo

La propuesta didáctica se llevará a cabo en una institución educativa pública en calidad de administración de Bogotá D.C., situada en la localidad de Usme, al sur de la capital colombiana. Esta zona se caracteriza por estar habitada mayoritariamente por familias pertenecientes a los estratos socioeconómicos uno y dos, niveles que corresponden a comunidades consideradas vulnerables o de bajos recursos económicos. Este contexto plantea desafíos educativos significativos relacionados con la equidad, el acceso limitado a tecnologías, la disponibilidad de materiales didácticos y los procesos de permanencia escolar. La institución atiende a un poco más de mil estudiantes y cuenta con un equipo docentes de cincuenta y cinco licenciados, acompañado por un reducido cuerpo directivo y profesionales de apoyo, entre los que se encuentran una educadora especial, una trabajadora social y un orientador escolar. Asimismo, ofrece formación desde la primaria hasta el bachillerato y establece alianzas con instituciones técnicas que fortalecen la orientación vocacional de los estudiantes en áreas científicas y tecnológicas.

El colegio dispone de dos laboratorios (uno de físico-química y otro de biología), además de salas de informática y aulas especializadas en lenguas extranjeras y música. Estas condiciones, aunque limitadas en comparación con centros de mayor nivel de dotación tecnológica, ofrecen un marco adecuado para la implementación de estrategias didácticas basadas en la experimentación, la observación y el trabajo colaborativo. En este contexto, el docente asume el rol de investigador y mediador pedagógico, comprometido con la innovación en la enseñanza de la Física y con la búsqueda de alternativas que contribuyan a fortalecer las competencias científicas y el pensamiento crítico de sus estudiantes.

De este modo, la propuesta de enseñanza de la turbulencia mediante el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se inscribe en una realidad educativa que demanda prácticas

contextualizadas, inclusivas y significativas, en las que el aprendizaje de la ciencia no solo se limite a la comprensión de leyes y ecuaciones, sino que se transforme en una experiencia de indagación, creatividad y comprensión del entorno físico y social.

3.2.3. Contextualización del aula

El grupo con el que se desarrollará la propuesta didáctica está conformado por estudiantes de grado décimo, pertenecientes a la jornada académica de un colegio público de la localidad de Usme, en la ciudad de Bogotá D.C. A lo largo de su proceso formativo, este grupo ha mostrado un interés sostenido por el aprendizaje de la Física, percibiéndola como una asignatura que, aunque exigente, les permite fortalecer su razonamiento lógico y matemático. Los estudiantes manifiestan una disposición positiva hacia el trabajo en equipo y una actitud colaborativa en las actividades de aula, lo que constituye un escenario favorable para la implementación de metodologías activas. Si bien no han tenido experiencias previas con el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como metodología estructurada, han participado en dinámicas de trabajo cooperativo y en proyectos interdisciplinarios que les han permitido aproximarse de forma parcial a esta forma de aprender.

En cuanto a los aprendizajes previos, el grupo presenta un dominio adecuado de conceptos fundamentales de cinemática, dinámica y las leyes de la termodinámica. Además, han logrado establecer conexiones significativas entre los fenómenos físicos y su contexto cotidiano, lo que evidencia un desarrollo progresivo de pensamiento científico. Sin embargo, persisten dificultades en la articulación entre la física y las matemáticas, especialmente en la comprensión de la modelización cuantitativa y la interpretación algebraica de las relaciones físicas. Esta brecha conceptual se traduce en la percepción de que la matemática constituye una barrera para comprender los fenómenos naturales, lo cual limita su capacidad de análisis en temas más abstractos como la dinámica de fluidos o la turbulencia.

El diagnóstico del grupo se realizó mediante la observación directa y la revisión sistemática de los trabajos desarrollados por los estudiantes a lo largo de tres años. Este proceso permitió identificar tanto las debilidades como las potencialidades del grupo. Entre las primeras, destaca la necesidad de fortalecer la comprensión de la relación entre los modelos matemáticos y las explicaciones científicas; entre las segundas, sobresalen la curiosidad, el cuestionamiento constante, el pensamiento crítico y la disposición al aprendizaje colaborativo. Estas fortalezas constituyen una base sólida para la implementación

del ABP, ya que esta metodología promueve la resolución de problemas reales, la experimentación y la construcción colectiva del conocimiento. Por ello, la propuesta didáctica orientada al estudio de la turbulencia busca aprovechar este potencial para consolidar competencias científicas y promover una comprensión más profunda de los fenómenos físicos desde la práctica, la reflexión y la indagación.

3.3. Elementos curriculares: objetivos didácticos, contenidos y competencias

3.3.1. Objetivos

3.3.1.1. Objetivos Curriculares

La propuesta se fundamenta en los objetivos oficiales de la enseñanza de la Física establecidos por las normativas educativas vigentes en España y Colombia que orientan la formación científica del alumnado hacia la comprensión de los fenómenos naturales, el desarrollo del pensamiento crítico y la aplicación del conocimiento en contextos reales.

De acuerdo con el Real Decreto 217/2022 (España) los objetivos que se pretenden abarcar en la propuesta son:

1. Comprender los principios, teorías y modelos que explican los fenómenos naturales, así como su aplicación en los avances tecnológicos y en la resolución de problemas de la vida cotidiana.
2. Desarrollar destrezas en el uso de metodologías propias de la investigación científica, como la observación, la formulación de hipótesis, la experimentación y la interpretación de resultados.
3. Fomentar actitudes de curiosidad, creatividad, rigor y respeto por la evidencia científica.
4. Integrar la competencia científica con la digital, social y ciudadana para contribuir a la sostenibilidad y al bienestar colectivo.

Consecuentemente los objetivos a trabajar según la normativa colombiana teniendo presente los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2006, Colombia) son:

5. Explicar los principios que rigen el comportamiento de los fluidos, relacionándolos con fenómenos naturales y tecnológicos del entorno.

6. Comprender la estructura de la ciencia y sus procesos de construcción del conocimiento a través de la observación, la modelación y la experimentación.
7. Aplicar conceptos de la física para interpretar situaciones cotidianas y resolver problemas del contexto.
8. Valorar la ciencia como una forma de pensamiento que contribuye al desarrollo sostenible y al mejoramiento de la calidad de vida.

Estos objetivos curriculares (OC) constituyen el marco de referencia que orienta el diseño del proyecto didáctico y garantizan la coherencia entre la propuesta y las finalidades formativas de la educación científica en ambos contextos.

3.3.1.2. Objetivos de aprendizaje

A partir del marco curricular anterior, los siguientes objetivos de aprendizaje (O.A) definen los logros esperados en los estudiantes a través de la implementación del proyecto “*Detectives de la turbulencia*”, fundamentado en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

Objetivo general (O.A.G)

- Comprender el fenómeno de la turbulencia dentro del estudio de la dinámica de fluidos mediante la aplicación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), desarrollando competencias científicas, experimentales y comunicativas en estudiantes de grado décimo.

Objetivos específicos (O.A.E)

1. Identificar la presencia de la turbulencia en fenómenos naturales y tecnológicos, analizando sus características y variables principales.
2. Formular preguntas e hipótesis sobre el comportamiento turbulento de los fluidos, orientando la indagación experimental.
3. Diseñar y realizar experimentos o simulaciones sencillas que permitan observar, registrar y analizar el flujo turbulento en distintos contextos.
4. Aplicar modelos teóricos y principios físicos para interpretar los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto.
5. Comunicar de manera oral, escrita y visual los hallazgos del trabajo, utilizando el lenguaje científico y apoyándose en herramientas tecnológicas.

6. Reflexionar sobre la relación entre la turbulencia y su impacto en ámbitos ambientales, tecnológicos y sociales, fortaleciendo el pensamiento crítico y la alfabetización científica.

3.3.2. Contenidos

De acuerdo con los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN, 2006), los contenidos vinculados con la mecánica de fluidos y la turbulencia forman parte del componente de “Interacciones y cambios”, en el eje de Física. En este nivel educativo (grado décimo), se espera que los estudiantes comprendan y apliquen los principios fundamentales que explican el comportamiento de los fluidos y sus aplicaciones en sistemas naturales y tecnológicos.

Contenidos conceptuales (C.C):

1. Concepto de fluido: propiedades y diferencias entre fluidos compresibles e incompresibles.
2. Presión y su relación con la fuerza y el área.
3. Principio de Pascal y aplicaciones prácticas.
4. Principio de Arquímedes y flotación.
5. Ecuación de continuidad y conservación de la masa.
6. Ecuación de Bernoulli y conservación de la energía en los fluidos.
7. Introducción al régimen laminar y turbulento.
8. Factores que influyen en la turbulencia y ejemplos en fenómenos naturales y tecnológicos.

Contenidos procedimentales (C.P)

1. Observación y registro de comportamientos de fluidos en experiencias de laboratorio y simulaciones digitales.
2. Diseño y ejecución de experimentos que permitan identificar la transición entre flujo laminar y turbulento.
3. Representación gráfica e interpretación de resultados experimentales.

4. Formulación de modelos explicativos sobre la dinámica de los fluidos a partir de la experimentación y el razonamiento.
5. Trabajo colaborativo en proyectos de investigación escolar sobre aplicaciones de la turbulencia.

Contenidos actitudinales (C.A)

1. Valoración de la física como herramienta para comprender fenómenos naturales del entorno.
2. Fomento de la curiosidad científica y el pensamiento crítico.
3. Disposición hacia el trabajo en equipo y la comunicación de resultados.
4. Compromiso con el cuidado del entorno a partir de la comprensión del comportamiento de los fluidos en sistemas naturales.

3.3.3. Competencias

El desarrollo de competencias constituye un eje fundamental en la enseñanza de las ciencias, ya que implica trascender la mera transmisión de contenidos conceptuales para favorecer la comprensión, la aplicación y la reflexión crítica sobre el conocimiento científico. En la presente propuesta, las competencias se entienden como la integración de saberes, habilidades, actitudes y valores que permiten a los estudiantes afrontar situaciones reales desde una perspectiva científica y contextualizada. El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), metodología que sustenta esta unidad didáctica, potencia este enfoque al situar al estudiante como protagonista del proceso de aprendizaje, generando experiencias activas, cooperativas y significativas.

La propuesta “Detectives de la turbulencia”, centrada en la enseñanza del fenómeno de la turbulencia dentro del bloque de contenidos de dinámica de fluidos, busca articular las competencias establecidas tanto en el marco español como en el colombiano. En el contexto de la LOMLOE y el Real Decreto 217/2022, las competencias clave y específicas de la asignatura de Física y Química promueven la indagación, la modelización, la resolución de problemas y la comunicación científica. Por su parte, los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2006) y los Lineamientos Curriculares (MEN, 2004) enfatizan la capacidad de los estudiantes para explicar fenómenos naturales, formular hipótesis, realizar experimentos y relacionar la ciencia con su entorno.

De esta manera, las competencias trabajadas en la unidad integran tanto el desarrollo cognitivo como el procedimental y actitudinal. Se pretende que los estudiantes comprendan el fenómeno de la turbulencia desde una mirada experimental y crítica, formulen explicaciones fundamentadas, comuniquen sus hallazgos con rigor y trabajen colaborativamente en la resolución de un problema científico. Así, las competencias no solo orientan el diseño de la propuesta, sino que se constituyen en indicadores del aprendizaje logrado a través del proyecto.

A continuación, en la tabla número dos, se presentan las principales competencias vinculadas con la propuesta didáctica, en correspondencia con los marcos normativos de referencia.

Tabla 2 Competencias a trabajar en la propuesta didáctica y su relación con los objetivos curriculares y de aprendizaje

| Tipo de competencia | Referente normativo | Objetivos curriculares relacionados (OC) | Objetivos de aprendizaje relacionados (OA) | Aplicación en la unidad "Detectives de la turbulencia" |
|--|------------------------------------|--|--|---|
| Competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM) | LOMLOE (2022) / MEN (2006) | OC1, OC2, OC5, OC6 | OA1, OA2, OA3 | Los estudiantes observan y modelan flujos turbulentos utilizando materiales experimentales y simuladores digitales, comprendiendo su presencia en fenómenos naturales. |
| Competencia matemática y digital | LOMLOE (2022) | OC1, OC4, OC7 | OA3, OA4, OA5 | Aplicación del razonamiento matemático y de herramientas digitales para registrar, representar y analizar datos experimentales sobre turbulencia. |
| CE1. Comprender y explicar fenómenos físicos | Real Decreto 217/2022 | OC1, OC5, OC7 | OA1, OA4, OA6 | Explicación del fenómeno de la turbulencia mediante la aplicación de los principios de la dinámica de fluidos y la formulación de modelos teóricos. |
| CE3. Utilizar procedimientos científicos | Real Decreto 217/2022 / MEN (2006) | OC2, OC6 | OA2, OA3 | Diseño y ejecución de experimentos que permitan observar la transición de flujo laminar a turbulento, analizando resultados y contrastando hipótesis. |
| Competencia comunicativa y trabajo colaborativo | LOMLOE (2022) / MEN (2006) | OC3, OC4, OC8 | OA5, OA6 | Elaboración de informes, pósters y presentaciones en grupo para comunicar resultados científicos y reflexionar sobre el impacto de la turbulencia en distintos contextos. |

3.4. Cronograma y secuenciación de actividades

3.4.1. Cronograma

El proyecto didáctico “Detectives de la turbulencia” se desarrollará a lo largo de cuatro semanas, distribuidas en ocho sesiones de 1 hora y 45 minutos cada una, dirigidas a estudiantes de grado décimo en el área de Física. La propuesta está estructurada siguiendo las fases del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), de modo que las actividades evolucionan desde la exploración inicial y formulación de preguntas hasta la comunicación y reflexión final.

El cronograma está diseñado para garantizar una progresión didáctica coherente con los objetivos curriculares establecidos por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN, 2006) y el Real Decreto 217/2022 (España), permitiendo que los estudiantes transiten de la observación empírica a la comprensión teórica y experimental de los fenómenos turbulentos. Cada sesión integra aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales, favoreciendo el desarrollo de competencias científicas, comunicativas y ciudadanas mediante el trabajo colaborativo, la indagación y la experimentación.

A continuación, se presenta el cronograma detallado del proyecto, organizado en función de las fases del ABP, los objetivos específicos, las actividades centrales, las evidencias de aprendizaje y los recursos empleados.

Tabla 3 Cronograma de implementación del proyecto “Detectives de la turbulencia” mediante la metodología ABP.

| Sesión | Fase | Actividades principales | OC | OA | Contenidos | Evidencias | Competencias | Recursos |
|--------|--------------------------|--|------------|--------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1 | Exploración del problema | Lectura guiada (<i>Sarmiento, 2006</i>), lluvia de ideas y debate sobre la presencia de los fluidos en la vida cotidiana. Elaboración de un mapa mental colectivo. | OC 1, 5, 8 | OA 1 | C.C 1; C.A 1-2 | Mural o mapa mental de ideas previas. | Científica, comunicativa, social. | Lectura impresa, cartulinas, marcadores, pizarra digital. |
| 2 | Formulación de preguntas | Experimentos sencillos para observar flujo laminar y turbulento (agua, colorantes, | OC 2, 5, 6 | OA 1-2 | C.C 7-8; C.P 1-2; C.A 1 | Registro de observaciones | Científica, digital, analítica. | Laboratorio, botellas, colorantes, ventiladores, |

| | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|---|------------|--------|---------------------------|--|---|---|
| | | ventiladores). Simulación digital y debate. | | | | experimentales. | | simuladores <i>PhET</i> . |
| 3 | Planteamiento del proyecto | Análisis de casos (turbulencia en aviones, ríos, arterias, etc.). Selección de problemática por grupo y formulación de hipótesis. | OC 1, 6, 7 | OA 1-2 | C.C 8; C.P 4-5; C.A 2-3 | Ficha de planteamiento del problema e hipótesis. | Científica, trabajo en equipo, pensamiento crítico. | Recursos audiovisuales, fichas, proyector. |
| 4 | Investigación documental | Búsqueda y análisis de información en fuentes científicas, elaboración de bitácora de investigación y formulación de esquema del experimento. | OC 2, 6 | OA 2-3 | C.P 3-4; C.A 2-3 | Bitácora de grupo y síntesis documental. | Digital, informacional, indagación científica. | Biblioteca digital, Internet, cuadernos. |
| 5 | Desarrollo experimental | Diseño y construcción del montaje experimental o simulación del fenómeno elegido. Registro de observaciones y resultados. | OC 2, 5, 6 | OA 3-4 | C.C 5-8; C.P 2-4; C.A 2-3 | Montaje experimental o simulación digital. | Científica, creativa, colaborativa. | Materiales reciclables, dispositivos digitales, sensores. |
| 6 | Elaboración del producto final | Diseño y elaboración de póster científico grupal con Canva o PowerPoint. Redacción de resultados y conclusiones. | OC 3, 4, 7 | OA 4-5 | C.P 3-5; C.A 1-3 | Póster científico. | Comunicativa, digital, científica. | Computadores, software de diseño, impresora. |
| 7 | Difusión y socialización | Feria científica "Detectives de la turbulencia": exposición de proyectos, demostración de montajes, evaluación colaborativa. | OC 3, 4, 8 | OA 5-6 | C.P 5; C.A 2-4 | Registro audiovisual de la feria y rúbricas de evaluación. | Ciudadana, social, científica. | Espacio expositivo, carteles, rúbricas, cámara. |
| 8 | Cierre y reflexión | Debate guiado: "¿Qué aprendimos de la turbulencia?" Reflexión escrita y coevaluación final. | OC 3, 4, 8 | OA 6 | C.A 1-4 | Acta de cierre y diario de aprendizaje. | Metacognitiva, crítica, comunicativa. | Pizarra, fichas, rúbricas, portafolio. |

3.4.2. Secuencia de actividades

La secuencia didáctica que se presenta a continuación constituye la materialización pedagógica del proyecto “Detectives de la turbulencia”, diseñado bajo los principios del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y orientado al desarrollo de competencias científicas en estudiantes de grado décimo. Su estructura responde a una organización progresiva que transita desde la exploración de ideas previas y el planteamiento del reto científico, hasta la experimentación, comunicación de resultados y reflexión final. Cada sesión integra actividades que combinan la indagación, la modelización y la aplicación práctica del conocimiento, promoviendo aprendizajes significativos en torno al fenómeno de la turbulencia dentro del estudio de la mecánica de fluidos.

Asimismo, el diseño secuencial atiende a los principios del enfoque CTSA, fomentando la comprensión de la ciencia en relación con la tecnología, la sociedad y el ambiente, y promoviendo actitudes de responsabilidad, trabajo colaborativo y pensamiento crítico. Las sesiones se estructuran considerando los tiempos y recursos reales del contexto educativo, articulando los objetivos curriculares y de aprendizaje establecidos en el apartado 3.3, de manera que la propuesta pueda ser implementada de forma coherente, viable y transformadora dentro del aula de física.

3.4.2.1. Sesión 1 (Explorando la física de los fluidos: punto de partida del proyecto)

Tabla 4 Sesión uno de la propuesta didáctica

| Aspecto | Descripción detallada |
|--|---|
| Fase ABP | Planteamiento del reto o pregunta guía |
| Duración total | 1 hora y 45 minutos (105 minutos) |
| OC y OA | OC1, OC2, OC5, OA1, OA2 |
| Competencias | Competencia científica y tecnológica; competencia en comunicación lingüística; aprender a aprender; competencia social y cívica. |
| Relación con contenidos | C.C. 1, C.C.2, C.C. 3, C.C. 7, C.C. 8; C.P. 1, 4, C.P 5; C.A. 1, C.A.2, C.A.3 |
| Desarrollo de la sesión (actividades con distribución temporal) | (0–10 min) Introducción y motivación inicial. El docente saluda y contextualiza el proyecto general: “ <i>Detectives de la turbulencia</i> ”. Explica brevemente que trabajarán como científicos para entender cómo se mueven los fluidos en la naturaleza y la tecnología. Se plantea una pregunta detonante: <i>¿Qué tienen en común el humo de una vela, un río, el aire que respiramos y la sangre que corre por nuestras venas?</i> (10–25 min) Proyección de video y observación guiada. Se presenta un video corto (5–8 min) sobre “El poder invisible de los fluidos” (disponible en YouTube o en el canal de la NASA). El docente pide que durante la |

| | |
|---------------------------------------|--|
| | <p>visualización los estudiantes tomen nota de ejemplos donde aparezcan fluidos en movimiento. Al finalizar, se realiza una conversación dirigida: <i>¿Qué situaciones del video se relacionan con nuestra vida diaria?</i></p> <p>(25–45 min) Lectura orientadora y reflexión grupal. Se entrega un fragmento adaptado de Furman (2012), titulado <i>“La física que nos rodea”</i>, donde se explica cómo los fenómenos de fluidos intervienen en acciones cotidianas (abrir una llave, volar un avión, respirar). En pequeños grupos, los estudiantes subrayan ideas clave y elaboran tres afirmaciones sobre por qué estudiar fluidos es importante para la sociedad.</p> <p>(45–65 min) Lluvia de ideas y mapa conceptual colectivo. En el tablero o en una cartulina grande, el docente escribe la pregunta central: <i>¿Qué sabemos sobre los fluidos y su movimiento?</i> Los estudiantes, guiados por el docente, expresan sus ideas previas libremente. El grupo construye un mapa conceptual con los términos recurrentes (fluido, presión, densidad, corriente, turbulencia, etc.). Se pueden usar marcadores de colores o herramientas digitales (Canva, Padlet o Miro).</p> <p>(65–85 min) Debate guiado y construcción del reto. Se organiza un debate moderado: <i>¿Por qué algunos movimientos de los fluidos son ordenados y otros caóticos?</i> El docente introduce los conceptos de flujo laminar y flujo turbulento, apoyándose con imágenes o simulaciones simples (p. ej., PhET “Flujo de agua”). Se invita a los estudiantes a proponer posibles preguntas de investigación que les gustaría resolver durante el proyecto.</p> <p>(85–100 min) Formulación colectiva de la pregunta guía. Se consolida la pregunta central del proyecto: <i>¿Podemos entender y representar la turbulencia a través de experimentos escolares?</i> El docente explica que durante varias sesiones explorarán este fenómeno, diseñando y ejecutando sus propios experimentos.</p> <p>(100–105 min) Cierre y registro en bitácora. Cada estudiante anota en su bitácora de laboratorio: <i>¿Qué aprendió hoy sobre los fluidos? ¿Qué le gustaría investigar sobre la turbulencia? ¿Qué duda le surgió durante la clase?</i> El docente recoge algunas respuestas voluntarias y valora las ideas expresadas.</p> |
| Recursos y materiales | Video educativo (“El poder invisible de los fluidos” https://www.youtube.com/watch?v=UJUZjVWz_Ho&t=2s), fragmento de lectura <i>“La física que nos rodea”</i> (Furman, 2012), tablero, cartulinas, marcadores, TIC (Canva, Padlet o Miro), bitácora de laboratorio, proyector o televisor, conexión a internet. |
| Evaluación (ver apartado 3.5) | Se valora la participación activa, la pertinencia de las ideas previas y la calidad de las preguntas formuladas en la lluvia de ideas. La rúbrica detallada y los criterios de logro se presentan en el apartado 3.5, donde se especifican los indicadores de desempeño por sesión. |
| Enfoque CTSA y transversalidad | Se conecta la física con la tecnología (flujo del aire y agua en máquinas y sistemas), la sostenibilidad (uso racional del agua y la energía) y la sociedad (comprender fenómenos naturales). Se fomenta el pensamiento crítico, la alfabetización científica y la comunicación de ideas. |

3.4.2.2. Sesión 2 (Entre el orden y el caos: comprendiendo el flujo laminar y turbulento)

Tabla 5 Sesión dos de la propuesta didáctica

| Aspecto | Descripción |
|--------------------------------|--|
| Fase del ABP | Exploración y construcción del conocimiento científico. |
| OA y OC | OA1, OA2, OC2, OC5, OC6 |
| Competencias trabajadas | Competencia científica; competencia digital; competencia social y ciudadana. |
| Relación con contenidos | C.C.7, C.C. 8, C.P. 1, C.P.2, C.A.1, C.A.3 |

| | |
|--|--|
| Tiempo estimado | 1 h 45 min (105 min) — distribuido: Inicio 15 min; Desarrollo experimental 45 min; Simulación y análisis 30 min; Cierre 15 min. |
| Actividades (detalle operativo y temporalizado) | <p>(0–10 min) Activación de saberes previos. El docente inicia la clase con una breve demostración visual: deja caer gotas de colorante en un recipiente con agua. Pregunta: ¿Por qué a veces el color se mezcla suavemente y otras veces se arremolina? Los estudiantes responden de manera libre. El docente registra las ideas principales en el tablero, destacando términos como ordenado, caótico, rápido o desordenado.</p> <p>(10–30 min) Experimento comparativo guiado. En pequeños grupos, los estudiantes reproducen dos experimentos: Experimento A (flujo laminar): verter agua lentamente en un tubo transparente o botella con colorante. Experimento B (flujo turbulento): agitar con fuerza o soplar aire sobre el líquido para generar remolinos. Mientras observan, los alumnos anotan diferencias en el comportamiento del fluido (trayectoria, velocidad, estabilidad). El docente introduce los términos laminar y turbulento, y explica que la transición depende del número de Reynolds (sin desarrollar fórmula, solo su sentido cualitativo).</p> <p>(30–50 min) Análisis y visualización digital. Se utiliza el simulador PhET “Flujo de agua” o videos de alta velocidad sobre turbulencia. Los grupos comparan sus observaciones con los modelos virtuales y discuten: ¿Qué factores hacen que un fluido cambie de tipo de flujo? Cada grupo escribe una breve conclusión en su bitácora de laboratorio.</p> <p>(50–80 min) Construcción de una tabla comparativa y modelo conceptual. Los estudiantes elaboran una tabla comparando los dos tipos de flujo según sus propiedades (velocidad, dirección, presión, estabilidad, ejemplos). Luego, diseñan una representación gráfica (cartel o infografía digital) que sintetice lo aprendido. El docente guía el uso de herramientas digitales (Canva, Genially o PowerPoint) para fomentar la competencia digital.</p> <p>(80–100 min) Debate reflexivo. Se plantea una pregunta provocadora: ¿Qué tipo de flujo predomina en la naturaleza y por qué? Cada grupo argumenta con base en sus observaciones. El docente modera y cierra con una breve reflexión sobre cómo la turbulencia, aunque caótica, obedece a leyes físicas y puede analizarse científicamente.</p> <p>(100–105 min) Cierre y registro. Los estudiantes responden en la bitácora: ¿Qué aprendí sobre la diferencia entre flujo laminar y turbulento? ¿En qué contextos reales puedo observarlos? El docente recoge las respuestas para orientar la siguiente sesión.</p> |
| Recursos y materiales | Botellas plásticas transparentes, agua, colorante vegetal. - Mangueras transparentes, piedras pequeñas, cucharas. - Cinta adhesiva, embudos, recipientes. - Dispositivos para registrar (teléfonos o tabletas para fotos/video). - Computadores o tabletas con acceso a Internet para simuladores (<i>PhET, Falstad</i>). - Cartulinas, marcadores y hojas de registro/tabla de observación. - Bitácora individual o digital para cada estudiante. |
| Evaluación | Durante la sesión se valoran la capacidad de observación, la precisión en las descripciones experimentales, la participación en el debate y la elaboración de la tabla comparativa. La rúbrica de desempeño con indicadores específicos (análisis experimental, argumentación científica, comunicación) se detalla en el apartado 3.5, donde se presentan los criterios de evaluación transversales del proyecto. |
| Enfoque CTSA y transversalidad | Esta sesión fortalece la relación entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) al conectar la comprensión de los flujos con su aplicación en diversos contextos: Ciencia: análisis del comportamiento del agua, aire o sangre desde la física. Tecnología: aplicación en la ingeniería hidráulica, aeronáutica y |

| | |
|--|---|
| | <p>biomédica. Sociedad: reflexión sobre la importancia del conocimiento físico para diseñar sistemas seguros y eficientes. Ambiente: comprensión del papel de los flujos en ecosistemas naturales (ríos, corrientes marinas, viento).</p> <p>De manera transversal, se promueve la alfabetización científica, el uso responsable de la tecnología, el trabajo cooperativo y la argumentación basada en evidencia, competencias esenciales para una educación científica integral.</p> |
|--|---|

3.4.2.3. Sesión 3 (Detectives de la turbulencia: formulando el problema de investigación)

Tabla 6 Sesión tres de la propuesta didáctica

| Aspecto | Descripción |
|--|--|
| Fase del ABP | Definición del problema y planificación del proyecto. |
| OA y OC | OA1, OA2, OA6, OC2, OC5, OC6, OC7 |
| Competencias trabajadas | Competencia científica, competencia social y ciudadana, competencia comunicativa. |
| Relación con contenidos | C.C.7, C.C.8, C.P.2, C.P.4, C.A.2, C.A.3 |
| Tiempo estimado | 1 h 45 min (105 min) — Inicio 15 min; Trabajo guiado 60 min; Socialización 30 min. |
| Actividades (detalle operativo y temporalizado) | <p>(0–15 min) Introducción. Conexión con lo aprendido. El docente inicia retomando los hallazgos de la sesión anterior sobre el flujo laminar y turbulento. En una breve conversación guiada, se pregunta: “¿Dónde creen ustedes que la turbulencia tiene un papel importante en la vida cotidiana o en la naturaleza?”</p> <p>Se recogen ideas en el tablero, agrupándolas por contexto: natural, tecnológico y social (p. ej., el vuelo de los aviones, el movimiento del agua en los ríos, la mezcla del aire en la atmósfera o el flujo sanguíneo).</p> <p>(15–35 min) Observación y registro de fenómenos del entorno. Los estudiantes, organizados en equipos de cuatro, salen al patio o utilizan recursos audiovisuales para identificar ejemplos reales o simulados de turbulencia. Cada grupo elige uno que le resulte interesante (por ejemplo: humo, corrientes de agua, desplazamiento de vehículos, ventiladores, o turbulencia en líquidos domésticos como aceite o shampoo). Usan sus celulares o tabletas para grabar breves clips o tomar fotografías, describiendo en la bitácora qué características observan: dirección del flujo, variación de velocidad, aparición de remolinos o patrones irregulares.</p> <p>(35–65 min) Planteamiento del problema del proyecto. Con apoyo del docente, los grupos formulan su problema de investigación respondiendo tres preguntas guía:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué fenómeno turbulento queremos estudiar? 2. ¿Qué queremos entender o demostrar sobre él? 3. ¿Cómo podríamos representarlo o explicarlo mediante un experimento escolar? <p>El docente orienta la redacción y verifica que cada grupo defina una pregunta de investigación viable (p. ej., <i>¿Cómo influye la velocidad del aire en la formación de turbulencias en una corriente de agua?</i>).</p> <p>Esta actividad permite desarrollar habilidades de modelización y formulación de hipótesis, clave en el pensamiento científico.</p> |

| | |
|---------------------------------------|--|
| | <p>(65–90 min) Construcción de un “mapa del proyecto”. Cada grupo diseña un esquema visual (en cartulina o Canva) que represente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El fenómeno elegido, • La hipótesis o pregunta central, • Los materiales que podrían usar, • Las variables a observar, • Los posibles impactos o aplicaciones prácticas del estudio. <p>El docente brinda retroalimentación formativa, promoviendo el uso de lenguaje científico y claridad conceptual.</p> <p>(90–105 min) Puesta en común y cierre. Cada grupo comparte brevemente su idea (máx. 2 min) y el resto de los estudiantes comenta similitudes y diferencias. El docente cierra enfatizando que cada equipo será responsable de desarrollar su proyecto experimental en las próximas sesiones, convirtiéndose en “detectives de la turbulencia”. En la bitácora, cada estudiante escribe: “¿Qué fenómeno turbulento investigaré y por qué lo considero importante para comprender el mundo que me rodea?”</p> |
| Recursos y materiales | <p>Pizarra o panel digital para lluvia de ideas. - Fichas de planificación de proyecto (formato físico o digital). - Imágenes o videos de ejemplos de turbulencia (aeronáutica, hidráulica, biológica, ambiental). - Marcadores, hojas, cartulinas. - Bitácora de laboratorio.</p> |
| Evaluación | <p>Durante esta sesión se valora especialmente la capacidad de observación y análisis del entorno, la formulación de problemas científicos, y la colaboración dentro del grupo de trabajo. El registro en bitácoras, la calidad del “mapa del proyecto” y la claridad en la definición del fenómeno a investigar son los productos evaluables. Los criterios e instrumentos detallados se presentan en el apartado 3.5, donde se precisan los indicadores asociados a la investigación científica y la comunicación del conocimiento.</p> |
| Enfoque CTSA y transversalidad | <p>Esta sesión sitúa a los estudiantes en el núcleo del pensamiento científico aplicado, mostrando cómo un fenómeno físico, como la turbulencia, atraviesa los límites entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente. Ciencia: se fomenta la observación sistemática y la formulación de hipótesis. Tecnología: se introducen aplicaciones reales del estudio de la turbulencia (aviación, ingeniería hidráulica, diseño urbano). Sociedad: se promueve la comprensión del papel de la física en el bienestar humano (transporte seguro, ahorro energético, calidad del aire). Ambiente: se analizan fenómenos como el movimiento del agua y del viento, esenciales para la sostenibilidad ecológica. De forma transversal, la sesión refuerza las competencias comunicativas, digitales y colaborativas, al integrar la observación empírica con la argumentación científica y la conciencia socioambiental. Esta conexión reafirma el valor del ABP como vía para construir una alfabetización científica integral y transformadora.</p> |

3.4.2.4. Sesión 4 (Investigando el fenómeno: bases científicas de la turbulencia)

Tabla 7 Sesión cuatro de la propuesta didáctica

| Aspecto | Descripción |
|---------------------|--|
| Fase del ABP | Investigación y desarrollo del proyecto. |
| OA y OC | OA2, OA4, OA6, OC1, OC2, OC5, OC6 |

| | |
|--|--|
| Competencias trabajadas | Competencia científica; competencia digital; competencia comunicativa. |
| Relación con contenidos | C.C.1, C.C.8, C.P.3, C.P.4, C.A.1, C.A.3 |
| Tiempo estimado | 1 h 45 min (105 min) — Introducción 10 min; Búsqueda y análisis 65 min; Socialización y cierre 30 min. |
| Actividades (detalle operativo y temporalizado) | <p>(0–10 min) Introducción y organización del trabajo. El docente recuerda los avances de las sesiones anteriores, enfatizando la pregunta guía del proyecto y la importancia de investigar el fenómeno de la turbulencia desde un enfoque científico. Explica que cada grupo deberá realizar una revisión bibliográfica básica para sustentar su propuesta experimental. Se definen los roles dentro de los equipos (coordinador, investigador principal, redactor, comunicador).</p> <p>(10–35 min) Búsqueda guiada de información. En sala de informática o mediante el uso de dispositivos móviles, los estudiantes consultan fuentes digitales confiables (revistas escolares, artículos de divulgación, repositorios académicos). El docente proporciona una ficha de búsqueda estructurada con los campos: <i>Tema, Fuente, Idea principal, Aplicación posible</i>. Se ofrece una breve orientación sobre cómo identificar información científica válida (autoría, fecha, institución).</p> <p>(35–65 min) Análisis colaborativo y síntesis de información Cada grupo comparte los hallazgos iniciales con el resto de compañeros. Se propone la elaboración de una tabla comparativa donde consignen las distintas aplicaciones del fenómeno de la turbulencia en contextos reales (aeronáutica, meteorología, ingeniería hidráulica, biología). El docente promueve la reflexión mediante preguntas orientadoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué similitudes existen entre las aplicaciones encontradas? • ¿Qué variables se repiten en todos los casos? • ¿Cómo se podría reproducir alguno de estos fenómenos en el aula? <p>(65–90 min) Construcción del planteamiento experimental preliminar Con base en la información obtenida, los grupos formulan un borrador de su pregunta de investigación y una posible hipótesis explicativa. El docente los guía para que sus planteamientos sean verificables y acordes con los recursos disponibles. Cada grupo redacta en su cuaderno o bitácora un esquema de su futuro montaje experimental.</p> <p>(90–105 min) Cierre y reflexión individual. El docente recopila los avances de los grupos y orienta sobre los siguientes pasos: diseño y construcción del experimento (próxima sesión). Cada estudiante escribe una breve reflexión en su bitácora:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué descubrí hoy sobre la turbulencia y sus aplicaciones? • ¿Qué dificultades tuve al buscar información científica? • ¿Qué información necesito ampliar? |
| Recursos y materiales | Computadores o tabletas con acceso a internet. - Textos escolares de física y materiales de apoyo proporcionados por el docente. Fichas bibliográficas impresas o formato digital editable. Marcadores, papel bond, cartulinas para esquemas o mapas conceptuales. - Bitácoras de grupo y guía de análisis de fuentes. |
| Evaluación | Durante esta sesión, la valoración se centra en la capacidad de búsqueda, selección y análisis de información científica, así como en la participación activa y colaborativa dentro del grupo. Los criterios específicos se detallan en el apartado 3.5, donde se incluyen las rúbricas correspondientes al desarrollo de competencias investigativas y comunicativas. |

| | |
|---------------------------------------|--|
| Enfoque CTSA y transversalidad | <p>Esta sesión potencia la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) al permitir que los estudiantes comprendan cómo el conocimiento científico sobre los fluidos se aplica en diferentes ámbitos tecnológicos (aeronáutica, hidráulica, biomedicina) y cómo estos influyen en la calidad de vida y la sostenibilidad ambiental.</p> <p>La transversalidad se expresa en el desarrollo de competencias digitales (búsqueda y análisis de información), comunicativas (síntesis y exposición de ideas) y ciudadanas (uso ético de la información y trabajo cooperativo). Además, se promueve una actitud crítica frente a las fuentes, fortaleciendo la alfabetización científica y mediática.</p> |
|---------------------------------------|--|

3.4.2.5. Sesión 5 (Construcción del montaje experimental: visualizando la turbulencia)

Tabla 8 Sesión quinta de la propuesta didáctica

| Aspecto | Descripción |
|--|---|
| Fase del ABP | Desarrollo del proyecto. |
| OA y OC | OA3, OA4, OA6, OC2, OC5, OC6, OC7 |
| Competencias trabajadas | Competencia científica; competencia digital; competencia de trabajo en equipo y resolución de problemas. |
| Relación con contenidos | C.C.5, C.C.8, C.P.2, C.P.5, C.A.2, C.A.3 |
| Tiempo estimado | 1 h 45 min (105 min) Introducción 10 min; Diseño 45 min; Construcción 35 min; Cierre y reflexión 15 min. |
| Actividades (detalle operativo y temporalizado) | <p>(0–10 min) Apertura y organización del trabajo. El docente recuerda las conclusiones alcanzadas en la sesión anterior sobre las problemáticas seleccionadas. Se revisan las preguntas guía de cada grupo y se organizan los equipos de trabajo en función de los recursos y materiales disponibles. Se explican las normas de seguridad del laboratorio y la importancia del registro riguroso en la bitácora.</p> <p>(10–30 min) Diseño del montaje experimental o simulación. Cada grupo elabora un boceto del experimento (flujo de agua en tubos, humo en corrientes de aire, turbulencia generada por obstáculos, simulaciones con PhET, etc.). Se orienta a los estudiantes a formular hipótesis operativas, identificar variables controladas e independientes y planificar los pasos del procedimiento. El docente actúa como guía metodológico, apoyando el planteamiento de experimentos viables y seguros. Se promueve la reflexión sobre la validez de las mediciones y la reproducibilidad de los resultados, fortaleciendo la competencia científica.</p> <p>(30–65 min) Construcción del montaje experimental. Los grupos inician la construcción con materiales de bajo costo, tales como botellas plásticas, colorantes, jeringas, tubos transparentes, ventiladores pequeños, recipientes de vidrio, etc. Aquellos que utilicen simulaciones digitales (PhET, Algodoo o GeoGebra) configuran los parámetros iniciales. El docente supervisa los avances, fomenta el trabajo colaborativo y apoya en la resolución de dificultades técnicas. En este proceso se estimula la creatividad y el pensamiento ingenieril, así como la comprensión práctica de los principios de continuidad y turbulencia.</p> <p>(65–95 min) Pruebas iniciales y registro de observaciones. Cada grupo ejecuta una prueba preliminar para verificar si el montaje permite observar algún patrón de flujo laminar o turbulento. Se anima a</p> |

| | |
|---------------------------------------|--|
| | grabar videos o tomar fotografías para incluir en el portafolio del proyecto. En la bitácora, los estudiantes consignan: hipótesis, procedimiento, observaciones y posibles ajustes. (95–105 min) Cierre reflexivo y proyección. Breve plenaria donde los grupos exponen su avance y reciben retroalimentación del docente y compañeros. Se plantea la meta de la siguiente sesión: comunicar los resultados y elaborar un póster científico. |
| Recursos y materiales | Botellas plásticas, tubos transparentes, jeringas, colorantes, recipientes, mangueras, ventiladores pequeños. - Cinta adhesiva, tijeras, marcadores. - Computadores o tabletas (para simulaciones PhET). - Cámaras o celulares (registro audiovisual). - Bitácora del proyecto y guía de diseño experimental. |
| Evaluación | La valoración en esta sesión se centra en el proceso de diseño y la capacidad de los estudiantes para traducir una idea teórica en un experimento verificable. Se tendrán en cuenta la planificación, el trabajo colaborativo, el manejo de materiales y la precisión de los registros. Para más detalle, la rúbrica y los instrumentos de valoración se encuentran en el apartado 3.5 de este trabajo. |
| Enfoque CTSA y transversalidad | Esta sesión refuerza la dimensión tecnológica y social del conocimiento físico. Al construir sus propios dispositivos o simulaciones, los estudiantes reconocen cómo la ciencia se materializa en herramientas tecnológicas que responden a problemas reales (por ejemplo, el control de turbulencia en tuberías o sistemas de ventilación). Desde el enfoque CTSA, se promueve: <ul style="list-style-type: none"> • Ciencia: comprensión de principios de dinámica de fluidos. • Tecnología: diseño de prototipos y simulaciones. • Sociedad: reflexión sobre el uso responsable del conocimiento científico. • Ambiente: reutilización de materiales, sostenibilidad y prevención de riesgos. Además, se transversalizan las competencias de educación ambiental, digital y de trabajo en equipo, articuladas con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS 4 y 9). |

3.4.2.6. Sesión 6 (Comunicar la ciencia: construcción del póster y socialización de resultados)

Tabla 9 Sesión seis de la propuesta didáctica

| Aspecto | Descripción |
|--|---|
| Fase del ABP | Desarrollo y comunicación de resultados. |
| OA Y OC | OA4, OA5, OA6, OC2, OC3, OC4, OC7, OC8 |
| Competencias trabajadas | Competencia comunicativa; competencia digital; competencia científica; competencia social y ciudadana. |
| Relación con contenidos | C.C.6, C.C.8, C.P.3, C.P.5, C.A.1, C.A.3 |
| Tiempo estimado | 1 h 45 min (105 min) — Introducción 10 min; diseño del póster 60 min; presentación preliminar y retroalimentación 35 min. |
| Actividades (detalle operativo y temporalizado) | (0–10 min) Apertura y contextualización. El docente inicia con una breve charla sobre la importancia de la comunicación científica en la construcción del conocimiento. Se muestran ejemplos de pósters de ferias de ciencia o congresos escolares, destacando sus elementos esenciales: título, objetivo, metodología, resultados, conclusiones e impacto social. Se explica que cada grupo deberá diseñar un póster que sintetice su proceso y resultados experimentales sobre la turbulencia. |

| | |
|---------------------------------------|--|
| | <p>(10–30 min) Organización y planificación del trabajo. Los grupos revisan sus bitácoras, registros fotográficos y resultados experimentales. Se definen los roles dentro del equipo (redactor, diseñador, portavoz, revisor técnico). El docente entrega una guía con los criterios de presentación: claridad conceptual, coherencia visual, integración de evidencias y conexión con la pregunta guía del proyecto. Se refuerza la necesidad de usar lenguaje científico apropiado, incluyendo unidades, gráficos, imágenes y esquemas.</p> <p>(30–75 min) Diseño del póster científico. Cada grupo elabora su póster en formato digital (Canva, PowerPoint, Genially) o en cartulina, dependiendo de los recursos disponibles. El docente circula entre los grupos ofreciendo retroalimentación sobre la redacción, el diseño y la interpretación científica de los resultados.</p> <p>Durante el proceso, los estudiantes integran:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Título atractivo y pregunta guía. • Descripción breve del experimento o simulación. • Resultados representados en gráficas, imágenes o diagramas. • Conclusiones y reflexión final. • Relación CTSA: implicaciones tecnológicas, sociales o ambientales del fenómeno estudiado. <p>Se sugiere que utilicen herramientas digitales abiertas para representar datos. El docente recuerda que el póster será expuesto en la “Feria de la turbulencia” de la próxima sesión.</p> <p>(75–100 min) Exposición parcial y coevaluación formativa. Dos o tres grupos presentan un avance de su póster frente al resto de la clase, quienes formulan preguntas y comentarios. Este ejercicio fortalece las habilidades comunicativas y prepara el ambiente para la exposición final. El docente modera las intervenciones, valorando el uso adecuado de los conceptos físicos, la coherencia entre hipótesis y resultados, y la capacidad de argumentación.</p> <p>(100–105 min) Cierre y reflexión. Se concluye con una conversación plenaria: ¿Qué hemos aprendido sobre comunicar la ciencia? ¿Cómo puede nuestro trabajo inspirar a otros? Los estudiantes registran en su bitácora una autoevaluación breve sobre su desempeño y el del grupo.</p> |
| Recursos y materiales | Cartulinas, marcadores, fotografías, gráficas, impresiones, cinta adhesiva. - Computadores, conexión a internet, Canva, PowerPoint o Genially. - Ejemplos de pósteres científicos escolares. - Rúbrica de comunicación científica (para la retroalimentación). |
| Evaluación | En esta sesión se valorará la capacidad de síntesis, la claridad comunicativa y la precisión conceptual con que los estudiantes presentan los resultados de su investigación. Se tendrán en cuenta la organización del contenido, la coherencia visual y la argumentación oral durante la socialización. Para criterios y ponderaciones específicas, consultar el apartado 3.5 de este trabajo. |
| Enfoque CTSA y transversalidad | <p>El enfoque CTSA se manifiesta aquí en su dimensión social y comunicativa: los estudiantes difunden sus resultados, vinculando la turbulencia con aplicaciones tecnológicas y problemas reales de la comunidad (p. ej., transporte aéreo, gestión del agua, energía eólica). Desde esta perspectiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ciencia: se consolidan los conocimientos sobre dinámica de fluidos. • Tecnología: uso de herramientas digitales para la comunicación científica. • Sociedad: divulgación del conocimiento al entorno escolar. • Ambiente: reflexión sobre el uso sostenible de los recursos naturales. |

| | |
|--|--|
| | Además, se promueven transversalmente las competencias en educación digital, comunicación asertiva, trabajo en equipo y pensamiento crítico, en coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 4 y 9). |
|--|--|

3.4.2.7. Sesión 7 (Feria de la ciencia: Detectives de la turbulencia)

Tabla 10 Sesión séptima de la propuesta didáctica

| Aspecto | Descripción |
|--|--|
| Fase del ABP | Difusión y evaluación del proyecto. |
| OA y OC | OA4, OA5, OA6, OC2, OC3, OC4, OC7, OC8 |
| Competencias trabajadas | Competencia científica; competencia comunicativa; competencia social y ciudadana; competencia digital. |
| Relación con contenidos | C.C.6, C.C.8, C.P.3, C.P.5, C.A.1, C.A.4 |
| Tiempo estimado | 1 h 45 min (105 min) Organización de espacios 15 min; exposición de grupos 75 min; cierre y retroalimentación 15 min. |
| Actividades (detalle operativo y temporalizado) | <p>(0–15 min) Preparación del espacio expositivo. Los estudiantes, con apoyo del docente, organizan el aula o el laboratorio como un espacio de feria científica. Se disponen mesas o paneles para cada grupo, donde ubican sus pósteres, maquetas o simulaciones. Se revisan los equipos digitales (portátiles, proyectores, tabletas) y se asignan turnos de presentación. El docente repasa las normas básicas de exposición y comportamiento durante la jornada: respeto, claridad, escucha activa y trabajo colaborativo.</p> <p>(15–25 min) Inauguración y apertura oficial. El docente presenta el evento a la comunidad escolar (otros grupos, docentes invitados o directivos). Explica el propósito de la “Feria de la turbulencia”: divulgar los resultados de las investigaciones estudiantiles y mostrar cómo la física ayuda a comprender el mundo. Se da la palabra a uno o dos estudiantes para expresar lo que significó para ellos participar en el proyecto.</p> <p>(25–80 min) Exposición y diálogo con el público. Cada grupo presenta su proyecto a los visitantes, explicando su problema de investigación, hipótesis, metodología, resultados y conclusiones.</p> <p>Durante las exposiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se estimula el uso del lenguaje científico y la argumentación basada en evidencias. • Los visitantes (otros estudiantes, docentes o familiares) formulan preguntas. • El docente y los pares observadores realizan una coevaluación formativa, valorando la claridad, el dominio conceptual y la creatividad en la presentación. • Algunos grupos pueden mostrar experimentos en vivo o simulaciones digitales que evidencien la diferencia entre flujo laminar y turbulento o su aplicación en contextos reales (p. ej., aerodinámica, meteorología, sistemas hidráulicos). <p>(80–95 min) Plenaria de reflexión y cierre. Tras la exposición, el grupo regresa al aula para una reflexión colectiva guiada. El docente plantea preguntas como: ¿Qué aprendimos sobre la turbulencia y su importancia científica y social? ¿Cómo nos ayudó el ABP a aprender física de manera diferente? ¿Qué desafíos tuvimos al comunicar la ciencia a otros?</p> |

| | |
|---------------------------------------|---|
| | <p>Los estudiantes comparten sus respuestas y completan una rúbrica de autoevaluación cualitativa sobre su participación, aprendizajes y trabajo en equipo.</p> <p>(95–105 min) Cierre emocional y evaluación final. El docente agradece el compromiso y creatividad del grupo, destacando el valor de la ciencia como proceso humano. Se invita a publicar los resultados (fotos, resúmenes o videos) en la página web o mural del colegio, promoviendo la difusión científica escolar.</p> <p>Finalmente, cada grupo entrega su bitácora de laboratorio completa y el póster final.</p> |
| Recursos y materiales | <p>Pósteres científicos elaborados por los estudiantes. - Montajes experimentales o simulaciones digitales. - Equipos de sonido o micrófonos (si se dispone). - Cámara o celular para registro audiovisual. - Rúbricas de observación y retroalimentación (docente y pares).</p> |
| Evaluación | <p>En esta sesión se evalúa la transferencia y comunicación del conocimiento científico, valorando la capacidad de los estudiantes para exponer resultados, argumentar sus conclusiones y reflexionar sobre el proceso vivido. Se tienen en cuenta los indicadores de coherencia conceptual, creatividad, trabajo colaborativo y compromiso con la divulgación. Para los criterios y ponderaciones detalladas, se remite al apartado 3.5 de este trabajo.</p> |
| Enfoque CTSA y transversalidad | <p>Esta sesión representa la culminación del enfoque CTSA, integrando ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en una experiencia de aprendizaje transformadora:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ciencia: comprensión de la turbulencia y su modelización experimental. • Tecnología: uso de herramientas digitales para la exposición y divulgación. • Sociedad: intercambio de conocimiento con la comunidad educativa. • Ambiente: reflexión sobre el papel de los fluidos en ecosistemas y sistemas tecnológicos sostenibles. <p>Transversalmente, se fortalecen las competencias comunicativas, digitales, ciudadanas y de pensamiento crítico, promoviendo la alfabetización científica y la valoración de la ciencia como motor de transformación social.</p> |

3.4.2.8. Sesión 8. (Reflexión y cierre del proyecto: aprendiendo de la turbulencia)

Tabla 11 Sesión octava de la propuesta didáctica

| Aspecto | Descripción |
|--|--|
| Fase del ABP | Evaluación final y metacognición. |
| OA y OC | OA4, OA5, OA6, OC2, OC3, OC6, OC8 |
| Competencias trabajadas | Competencia científica; competencia comunicativa: argumentación escrita y oral sobre los aprendizajes logrados; Competencia social y ciudadana; competencia de aprender a aprender. |
| Relación con contenidos | C.C.7, C.C.8, C.P.3, C.P.5, C.A.1, C.A.4 |
| Tiempo estimado | 1 h 45 min (105 min) Actividad reflexiva guiada 30 min; socialización 45 min; cierre y conclusiones 30 min. |
| Actividades (detalle operativo y temporalizado) | (0–15 min) Introducción y ambientación. El docente abre la sesión con una breve conversación: ¿Qué hemos aprendido a lo largo del proyecto “Detectives de la turbulencia”? Se proyectan imágenes y breves clips recopilados durante las sesiones anteriores (fotografías de experimentos, fragmentos de |

| | |
|---------------------------------------|--|
| | <p>presentaciones y la feria científica). El objetivo es reactivar la memoria emocional y cognitiva del grupo, generando un clima positivo para la reflexión final.</p> <p>(15–40 min) Revisión colectiva del proceso. En plenaria, se utiliza una línea del tiempo visual (previamente elaborada en cartulina o en una herramienta digital como Padlet) donde se registran los momentos clave del proyecto: planteamiento del reto, indagación, experimentación, socialización y feria. Cada grupo agrega comentarios o post-its sobre los aprendizajes más significativos, las dificultades enfrentadas y cómo las resolvieron. El docente modera el diálogo destacando la evolución de las competencias científicas y la integración del enfoque CTSA.</p> <p>(40–75 min) Elaboración del “Informe de cierre y reflexión metacognitiva”. Cada grupo elabora un informe breve o presentación final (digital o escrita) en el que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sintetiza los resultados de su proyecto experimental. • Describe cómo aplicaron los conceptos de la dinámica de fluidos para entender la turbulencia. • Reflexiona sobre cómo el ABP les permitió aprender de manera más autónoma y colaborativa. • Identifica los valores y actitudes desarrollados durante el proceso (curiosidad, responsabilidad, comunicación). • El docente orienta la redacción y acompaña a los grupos, recordando que la reflexión debe centrarse en qué aprendieron, cómo lo aprendieron y para qué sirve lo aprendido. <p>(75–95 min) Debate final y retroalimentación colectiva. Se organiza una conversación abierta guiada por preguntas reflexivas: ¿Qué aspectos del proyecto resultaron más motivadores o desafiantes? ¿Qué nuevas preguntas sobre la turbulencia surgieron? ¿Cómo podrían aplicar este aprendizaje en otros contextos?</p> <p>El docente recoge los aportes y los conecta con la importancia de la física en la comprensión del mundo y en el pensamiento científico.</p> <p>(95–105 min) Cierre emocional y simbólico. Se realiza una actividad breve de cierre: cada estudiante escribe una frase o palabra que resuma su experiencia en una “gota de agua” (recorte en cartulina azul). Las gotas se pegan en un mural con el título “Nuestra turbulencia de ideas”.</p> <p>Finalmente, el docente agradece el compromiso, resalta el valor del trabajo colaborativo y explica que el proceso de evaluación global se detalla en el apartado 3.5 del TFM.</p> |
| Recursos y materiales | <p>- Cuadernos de bitácora o fichas reflexivas individuales. - Pizarra o mural para la nube de palabras. - Marcadores, hojas grandes o cartulina. - Copia impresa o digital de los criterios de evaluación. - Cámara o dispositivo para registrar el conversatorio (opcional).</p> |
| Evaluación | <p>En esta sesión se realiza una evaluación integradora de tipo formativa y reflexiva, centrada en el proceso más que en el resultado. Se valoran especialmente la capacidad de análisis, la autorregulación del aprendizaje, la participación colaborativa y la transferencia del conocimiento científico.</p> <p>Para conocer los criterios y herramientas utilizadas, se invita a consultar el apartado 3.5 “Evaluación del aprendizaje” de este trabajo.</p> |
| Enfoque CTSA y transversalidad | <p>La sesión de cierre consolida la integración del enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente) mediante la reflexión sobre los impactos del conocimiento científico en la vida cotidiana, la sostenibilidad y la innovación tecnológica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ciencia: comprensión profunda del fenómeno de la turbulencia como expresión compleja del comportamiento de los fluidos. • Tecnología: uso de herramientas digitales para la presentación y reflexión final. |

- Sociedad: reconocimiento del papel de la física en la solución de problemas reales y en la comunicación del conocimiento.
 - Ambiente: análisis crítico del uso responsable de los recursos naturales y la energía.
- Además, se fortalece la educación en valores, la competencia comunicativa y la metacognición, consolidando una visión humanista y crítica de la enseñanza de la física.

3.5. Evaluación

3.5.1. Enfoque y criterios de evaluación

La evaluación en la propuesta “Detectives de la turbulencia” se concibe como un proceso formativo, continuo e integral, coherente con los principios del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y con los lineamientos curriculares tanto del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN, 2006) como del Real Decreto 217/2022 (España). En este enfoque, la evaluación no se reduce a la comprobación de resultados, sino que se orienta a acompañar y retroalimentar el proceso de aprendizaje, valorando el progreso individual y colectivo de los estudiantes a lo largo de las diferentes fases del proyecto. La meta no es solo constatar conocimientos adquiridos, sino evidenciar la apropiación significativa de los conceptos, el desarrollo de habilidades científicas y la construcción de actitudes críticas frente a la ciencia y su relación con la sociedad.

El modelo de evaluación adoptado responde a una concepción por competencias, en la que se integran dimensiones cognitivas, procedimentales y actitudinales. Así, la evaluación busca reconocer tanto los saberes conceptuales vinculados con la dinámica de fluidos y la turbulencia, como las capacidades de observación, análisis, argumentación y comunicación científica que los estudiantes desarrollan durante la ejecución del proyecto. En coherencia con la normativa española, se atiende al principio de que *“la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado será continua, formativa e integradora”* (Real Decreto 217/2022, art. 19), garantizando que las valoraciones realizadas orienten la mejora y no la sanción. Del mismo modo, los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2006) subrayan la necesidad de que la evaluación evidencie el desarrollo de habilidades científicas como la formulación de preguntas, el diseño experimental y la interpretación de resultados, elementos que son eje estructural en esta propuesta.

En consonancia con el espíritu del ABP, la evaluación se desarrolla a través de momentos diversos y complementarios que incluyen la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación. La autoevaluación permite que el estudiante reflexione sobre su propio

aprendizaje, reconociendo avances, dificultades y estrategias de mejora. La coevaluación, por su parte, promueve el trabajo colaborativo y la capacidad de emitir juicios constructivos sobre las aportaciones del grupo, fortaleciendo las competencias comunicativas y sociales. Finalmente, la heteroevaluación por parte del docente ofrece una mirada orientadora y retroalimentador del proceso, garantizando la coherencia entre los objetivos de aprendizaje, las actividades desarrolladas y los logros alcanzados.

Los criterios de evaluación se estructuran en torno a tres dimensiones fundamentales:

- Conceptual: comprensión de los principios que rigen el comportamiento de los fluidos, diferenciación entre flujo laminar y turbulento, y aplicación de modelos teóricos en contextos reales.
- Procedimental: capacidad para diseñar, ejecutar y analizar experimentos o simulaciones, interpretar resultados, y construir modelos explicativos.
- Actitudinal: disposición al trabajo cooperativo, curiosidad científica, rigor en el uso del lenguaje técnico y compromiso con la comunicación de los resultados de manera ética y clara.

De esta manera, la evaluación se transforma en un espacio de aprendizaje reflexivo, en el que tanto el docente como los estudiantes se reconocen como protagonistas de un proceso de mejora continua. Evaluar en el marco del ABP implica valorar la comprensión, la creatividad y la capacidad de transferir el conocimiento a nuevas situaciones, consolidando así una alfabetización científica que trasciende la memorización de contenidos y fortalece la autonomía intelectual y la ciudadanía crítica.

3.5.2. Instrumentos y evidencias de evaluación

En coherencia con el carácter formativo del proyecto "*Detectives de la turbulencia*", los instrumentos de evaluación seleccionados se orientan a registrar el progreso de los estudiantes a lo largo de todo el proceso de aprendizaje, más allá del producto final. Estos instrumentos permiten observar cómo los estudiantes comprenden, aplican y comunican los conceptos científicos, y cómo desarrollan competencias transversales como la colaboración, la creatividad y la reflexión crítica. La evaluación, en este sentido, se convierte en una herramienta pedagógica para construir y mejorar el aprendizaje, no solo para medirlo.

Los instrumentos se agrupan en tres niveles de aplicación:

1. Evaluación inicial (diagnóstica): busca identificar los conocimientos previos, las concepciones alternativas y el nivel de familiarización de los estudiantes con la mecánica de fluidos y la turbulencia.
 - Instrumento: cuestionario diagnóstico y mapa conceptual inicial.
 - Evidencias: respuestas abiertas, esquemas y reflexiones iniciales en la bitácora de laboratorio.
 - Finalidad: orientar la planificación de actividades según las necesidades detectadas y valorar el punto de partida del grupo.

2. Evaluación formativa (procesual): acompaña el desarrollo de cada fase del proyecto, promoviendo la reflexión y la mejora continua. Se centra en la observación de actitudes, habilidades experimentales y estrategias de resolución de problemas.
 - Instrumentos:
 - Rúbrica de desempeño grupal (para valorar el trabajo colaborativo, la comunicación y la planificación).
 - Lista de cotejo del proceso experimental (para registrar la aplicación del método científico, la formulación de hipótesis, la toma de datos y la interpretación).
 - Bitácora de laboratorio o diario de campo, donde los estudiantes consignan observaciones, dificultades y hallazgos.
 - Registro anecdótico del docente que recoge evidencias cualitativas del proceso de aprendizaje y participación.
 - Evidencias: apuntes, esquemas, fotografías del montaje experimental, gráficos y videos breves que documentan el trabajo realizado.
 - Finalidad: retroalimentar de manera oportuna el progreso del estudiante y fortalecer la autonomía en la gestión de su aprendizaje.

3. Evaluación final (sumativa): valora el grado de logro de los objetivos curriculares y de aprendizaje, integrando los resultados del proceso con el producto final. En este caso, el proyecto culmina con la presentación de una feria científica escolar, donde los

grupos exponen su trabajo mediante un póster científico y una demostración experimental.

- Instrumentos:
 - Rúbrica de presentación oral y póster científico, que contempla los criterios de claridad, fundamentación teórica, rigurosidad experimental, creatividad y coherencia comunicativa.
 - Autoevaluación y coevaluación final, donde cada estudiante reflexiona sobre su contribución al grupo, los aprendizajes adquiridos y las habilidades desarrolladas.
- Evidencias: pósters, videos de presentación, informes experimentales y registros fotográficos de la feria.
- Finalidad: integrar los aprendizajes adquiridos y reconocer la aplicación práctica del conocimiento científico en contextos reales.

En términos normativos, este modelo de evaluación responde a los lineamientos del Real Decreto 217/2022, que establece la importancia de utilizar “procedimientos e instrumentos diversos que permitan obtener información continua, global y diferenciada sobre el aprendizaje del alumnado” (art. 19), y a los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales del MEN (2006), que promueven una evaluación integral centrada en el desarrollo del pensamiento científico y la comprensión de la ciencia como proceso.

Desde el enfoque del Aprendizaje Basado en Proyectos, estos instrumentos no se utilizan de forma aislada, sino como parte de una estrategia articulada que busca acompañar las fases del proyecto —desde la exploración inicial hasta la comunicación de resultados—. Así, la evaluación se vincula directamente con la indagación científica y la construcción colaborativa del conocimiento, generando evidencias auténticas del aprendizaje. Este modelo promueve en los estudiantes la autonomía, la autorregulación y la metacognición, competencias esenciales para su formación científica y ciudadana.

En suma, la diversidad de instrumentos y evidencias contemplados en la propuesta permite garantizar una evaluación inclusiva, transparente y equitativa, en la que cada estudiante pueda demostrar su aprendizaje de múltiples formas. Más que calificar, la evaluación busca dar sentido al proceso de aprender ciencia haciendo ciencia, reafirmando la

coherencia entre el enfoque del ABP, la alfabetización científica y los objetivos curriculares de la enseñanza de la Física.

3.5.3. Tabla de correspondencia

Tabla 12 Rubrica de evaluación del proyecto detectives de la turbulencia

| Dimensión / Criterio | Indicadores de desempeño | Nivel Inicial (1) | Nivel Básico (2) | Nivel Medio (3) | Nivel Alto (4) |
|--|---|---|---|--|--|
| Comprensión conceptual de la turbulencia y la dinámica de fluidos | Explica con claridad los conceptos de flujo laminar y turbulento, presión, densidad, continuidad y energía. | Tiene dificultades para identificar y explicar los conceptos fundamentales. | Reconoce los conceptos principales, aunque presenta confusiones o errores parciales en su aplicación. | Comprende los conceptos básicos y los aplica correctamente en la mayoría de los casos. | Comprende y aplica los conceptos con rigor científico, estableciendo relaciones entre teoría y práctica. |
| Formulación de hipótesis y diseño experimental | Propone hipótesis coherentes y diseña experimentos o simulaciones que permiten contrastarlas. | No logra formular hipótesis ni organizar un diseño experimental coherente. | Propone ideas experimentales poco claras o con fallas metodológicas. | Formula hipótesis comprensibles y diseña experimentos funcionales con orientación docente. | Formula hipótesis fundamentadas, diseña y ejecuta experimentos válidos y registra datos con precisión. |
| Trabajo colaborativo y gestión del proyecto | Participa activamente en su grupo, asume responsabilidades y contribuye al logro común. | No colabora ni asume tareas del grupo. | Participa parcialmente, presenta dificultades de comunicación o compromiso. | Participa de forma responsable, aunque con poca iniciativa o dependencia del docente. | Coopera de manera constante, asume liderazgo y promueve el respeto y la organización del grupo. |
| Análisis, registro y comunicación de resultados | Interpreta datos y comunica resultados de forma escrita, oral y visual, utilizando lenguaje científico. | No comunica resultados o lo hace de forma confusa. | Presenta resultados incompletos o con escasa argumentación. | Comunica resultados adecuados, aunque con limitaciones en el análisis o en la precisión del lenguaje científico. | Analiza los resultados con sentido crítico, emplea representaciones gráficas precisas y comunica con claridad. |
| Aplicación de la ciencia al contexto (CTSA) | Relaciona la turbulencia con fenómenos ambientales, tecnológicos o sociales. | No identifica vínculos entre el fenómeno estudiado y la realidad cotidiana. | Muestra dificultad para establecer relaciones contextuales. | Reconoce la relación del fenómeno con su entorno inmediato. | Integra adecuadamente el fenómeno con situaciones reales, destacando implicaciones éticas, sociales o ambientales. |
| Reflexión y metacognición | Evalúa su propio aprendizaje, identifica | No realiza procesos de | Reflexiona parcialmente | Reconoce sus avances y | Realiza reflexiones profundas sobre su |

| | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------|--|
| | fortalezas y aspectos a mejorar. | reflexión o autoevaluación. | sin identificar acciones concretas de mejora. | limitaciones de forma general. | aprendizaje y propone estrategias de mejora. |
|--|----------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------|--|

3.5.4. Valoración final y retroalimentación

La evaluación del proyecto *“Detectives de la turbulencia”* trasciende el carácter meramente calificativo para convertirse en un proceso reflexivo, dialógico y transformador del aprendizaje. En coherencia con el enfoque del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), la valoración final no se centra únicamente en los resultados obtenidos en el producto o experimento, sino en la trayectoria formativa del estudiante, su participación activa y su capacidad para construir conocimiento de manera colaborativa y significativa.

Este proceso de retroalimentación continua se desarrolla en tres niveles complementarios: autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación.

- En la autoevaluación, los estudiantes reflexionan sobre sus avances, identifican fortalezas, dificultades y estrategias de mejora. Este ejercicio fomenta la metacognición y el pensamiento crítico, permitiendo que el alumno se reconozca como protagonista de su aprendizaje.
- La coevaluación, aplicada dentro de los grupos de trabajo, promueve el diálogo, la corresponsabilidad y el respeto por las ideas ajenas, fortaleciendo la competencia social y ciudadana.
- Finalmente, la heteroevaluación, a cargo del docente, considera los logros individuales y colectivos, valorando tanto la comprensión conceptual de los fenómenos físicos como la aplicación de los conocimientos en contextos reales, de acuerdo con los criterios establecidos en la rúbrica general (apartado 3.5.3).

La retroalimentación se concibe como un proceso continuo que guía al estudiante hacia niveles superiores de desempeño. En cada sesión, el docente brinda orientaciones específicas sobre la interpretación de datos, el uso del lenguaje científico, la calidad de las hipótesis o la pertinencia del diseño experimental. Asimismo, durante la socialización final del proyecto (sesión 7), la retroalimentación se amplía a la comunidad educativa, generando un espacio de aprendizaje colectivo y de divulgación científica.

De este modo, la valoración final se convierte en un instrumento de aprendizaje y no en una instancia punitiva. El estudiante comprende que la ciencia no se limita a obtener respuestas correctas, sino a formular preguntas relevantes, indagar, contrastar y comunicar resultados de manera ética y rigurosa. Este tipo de evaluación, en sintonía con los principios del modelo CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente), contribuye al desarrollo de una alfabetización científica integral, donde el conocimiento se vincula con la sostenibilidad, la justicia social y el pensamiento crítico.

4. Reflexión sobre la propuesta

La implementación de esta propuesta didáctica centrada en la mecánica de fluidos mediante Aprendizaje Basado en Proyectos y el enfoque CTSA ha permitido replantear la forma en que tradicionalmente se aborda este contenido en la educación secundaria. En los últimos años, esta temática ha sido relegada por considerarse demasiado abstracta o exigente para el alumnado. Sin embargo, mi experiencia docente demuestra que, cuando se mediatiza a través de metodologías activas y actividades experimentales accesibles, los estudiantes no solo comprenden los fenómenos fluidodinámicos, sino que se sienten motivados, implicados y capaces de relacionarlos con situaciones reales.

Diseñar esta propuesta me permitió reafirmar tres principios fundamentales para la enseñanza de la Física: la significatividad, la contextualización y la participación activa del estudiante. El ABP actuó como una estructura pedagógica que guió todo el proceso de aprendizaje en torno a un reto auténtico: *comprender y representar la turbulencia mediante experimentos escolares*. Esto favoreció que cada sesión tuviera un propósito claro y que los estudiantes mantuvieran una coherencia narrativa en su aprendizaje. Por su parte, el enfoque CTSA amplió la mirada más allá de los conceptos físicos, permitiendo conectar los fluidos con problemáticas sociales, ambientales y tecnológicas como la gestión del agua, la ingeniería aeronáutica o la salud pública.

Desde una perspectiva competencial, la propuesta contribuyó al desarrollo de habilidades científicas imprescindibles: formular preguntas investigables, experimentar, analizar datos, argumentar y comunicar resultados. La articulación de debates, simulaciones, trabajo colaborativo y construcción de montajes experimentales generó un ambiente de

investigación auténtica, donde los estudiantes asumieron un rol activo y reflexivo. Asimismo, el uso de bitácoras y la presentación en feria escolar fortalecieron competencias comunicativas y sociales, reforzando la alfabetización científica integral.

A nivel profesional, este proyecto confirma una convicción que he construido a lo largo de mis años en el aula: la mecánica de fluidos sí es enseñable en secundaria, siempre que se aborde desde una perspectiva didáctica renovada y conectada con la realidad del alumnado. Los contenidos que suelen considerarse difíciles se vuelven accesibles cuando el estudiante experimenta, debate y crea modelos propios para explicar los fenómenos. Esta experiencia reafirma que la física es significativa cuando se vive, no cuando se memoriza.

De manera crítica, también reconozco áreas de mejora. Es necesario profundizar en la integración de herramientas digitales orientadas a la modelización y visualización del flujo, permitiendo un acercamiento más sólido al análisis de datos. Asimismo, se podrían fortalecer los momentos de metacognición, de modo que el alumnado reflexiona explícitamente sobre cómo aprende y qué estrategias utiliza. Finalmente, sería conveniente ampliar la colaboración con otros departamentos para reforzar la interdisciplinariedad inherente al estudio de los fluidos.

Finalmente, este trabajo me reafirma como docente-investigador. Me recuerda que la didáctica de la Física es un campo vivo que se renueva constantemente y que exige una mirada crítica, capaz de cuestionar rutinas, proponer alternativas y sostener decisiones pedagógicas fundamentadas. El proyecto “Detectives de la turbulencia” no es solo una propuesta para enseñar fluidos: es un ejemplo de cómo la educación científica puede convertirse en una oportunidad para formar jóvenes capaces de pensar de manera rigurosa, actuar con sentido y comprender que la ciencia, cuando se vive en el aula, se convierte en una herramienta poderosa para interpretar y mejorar el mundo.

5. Conclusiones

La elaboración de esta propuesta didáctica permitió comprender, desde una mirada crítica y profunda, que el aula de Física y Química no puede seguir reproduciendo modelos tradicionales centrados exclusivamente en la transmisión de contenidos. Este trabajo confirmó que la enseñanza de fenómenos complejos, como los asociados a la mecánica de fluidos y en particular a la turbulencia, requiere un replanteamiento estructural de las prácticas educativas. La escuela debe convertirse en un espacio donde el conocimiento científico se viva, se experimente y se problematice, permitiendo al estudiante asumir un rol activo en la construcción de significado. Esta convicción surge al reconocer que el aula es un entorno vivo, un laboratorio cotidiano donde la ciencia emerge del mismo contexto de los estudiantes y se convierte en una herramienta para interpretar su realidad.

El proceso de diseño de la secuencia didáctica demostró que es posible acercar temas rigurosos de la mecánica de fluidos (tradicionalmente considerados de alta complejidad) mediante metodologías como el Aprendizaje Basado en Proyectos. La reflexión sobre la práctica docente evidenció que la clave no reside en simplificar los contenidos científicos, sino en ofrecer experiencias significativas que favorezcan su apropiación progresiva. El reto más significativo fue traducir la complejidad conceptual de la turbulencia en actividades accesibles, contextualizadas y científicamente rigurosas. Sin embargo, al estructurar el proyecto “Detectives de la turbulencia”, se constató que una planificación sólida, coherente y fundamentada permite acercar a los estudiantes a fenómenos físicos que, aunque abstractos, pueden ser experimentados, modelados y comprendidos desde escenarios escolares.

Desde una perspectiva personal y profesional, este TFM permitió reafirmar la necesidad de una transformación educativa profunda. Comprender que la teoría existe y está disponible, pero que el verdadero cambio ocurre cuando el docente decide llevarla al aula, fue uno de los aprendizajes más valiosos. La experiencia evidenció que enseñar física implica asumir un rol investigativo, adoptar una postura reflexiva y promover ambientes donde la indagación, la experimentación y el error se convierten en motores del aprendizaje. Asimismo, permitió valorar la importancia de planificar unidades didácticas con una intencionalidad clara, articulando objetivos, contenidos, competencias, actividades y evaluación,

reconociendo que la didáctica requiere una rigurosidad equivalente a la de cualquier disciplina científica.

En relación con la evaluación, este trabajo reafirmó la necesidad de superar visiones meramente cuantitativas y avanzar hacia enfoques formativos que permitan comprender los procesos de aprendizaje, no solo sus resultados. La evaluación, entendida como una herramienta pedagógica y no como un mecanismo de clasificación, ofrece oportunidades para analizar avances, identificar dificultades y ajustar las prácticas docentes. Este cambio epistemológico es coherente con el ABP, el enfoque competencial y las orientaciones curriculares tanto del MEN (2006) como del Real Decreto 217/2022.

Finalmente, aunque esta propuesta no ha sido implementada aún, se espera que su aplicación contribuya significativamente al desarrollo de habilidades científicas, a la curiosidad por los fenómenos de la mecánica de fluidos y a una comprensión más profunda del papel que la física desempeña en la vida cotidiana y en los sistemas tecnológicos. Asimismo, se proyecta que los estudiantes fortalezcan competencias transversales como el trabajo colaborativo, la comunicación científica, la argumentación y la alfabetización tecnológica, favoreciendo su formación integral en el marco de una educación orientada al pensamiento crítico y a la sostenibilidad.

Esta investigación y diseño didáctico representan un paso decisivo hacia una práctica docente más consciente, reflexiva y transformadora. Constituyen, además, un compromiso con una enseñanza de la física que inspire, cuestione y abra posibilidades, reafirmando que la escuela puede ser un espacio donde los estudiantes descubran la ciencia no como un conjunto de fórmulas, sino como una forma de mirar, interpretar y transformar el mundo.

Referencias bibliográficas

- Antón, C. (2016). *El Aprendizaje Basado en Proyectos: Una experiencia de innovación en la enseñanza universitaria*. Zacapa: UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR.
- Bermúdez, J. (2021). El aprendizaje basado en problemas para mejorar el pensamiento crítico: Revisión sistemática. *Innova Research Journal Volumen 6*, págs. 77-89.
- Bolaños, R. (2012). Indagación y aprendizaje de las ciencias: Una propuesta para secundaria. *Enfoques Didácticos Contemporáneos Volumen 15*, págs. 55-72.
- Bravo, A., Ramírez, G., Faúndez, C., & Astudillo, H. (2016). Propuesta didáctica constructivista para la adquisición de aprendizajes significativos de conceptos en física de fluidos. *Formación Universitaria Volumen 9*, págs. 105-114.
- Burgos Rea, L. R., Palma Samaniego, M., Parraga Mendoza, R. R., & Mallitasig Sinchiguano, M. P. (2025). Implementación del aprendizaje basado en proyectos en las. En *Reincisol*, 4(7) (págs. 2671-2693). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato [https://doi.org/10.59282/reincisol.V4\(7\)2671-2693](https://doi.org/10.59282/reincisol.V4(7)2671-2693).
- Comer, A. (2006). *Física en la ciencia y en la industria*. Barcelona: Revertese S.A.
- Cromer, A. (2006). *Concepts of Physics (2nd ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Cruz Goyeneche, D. (2019). *La turbulencia: una mirada del sentir mecánico y experimental*. Bogota D.C.: Universidad Pedagógica Nacional .
- Dewey, J. (1916). *Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education*. New York: Macmillan.
- España. (30 de diciembre de 2020). Boletín Oficial del Estado (BOE) 340. Madrid: <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>.
- España. (30 de marzo de 2022). Boletín Oficial del Estado (BOE) 76. Madrid: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217>.
- Furman, M. (2012). *La enseñanza de las ciencias basada en la indagación: Una propuesta para América Latina*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Kilpatrick, W. (1918). The project method: The use of the purposeful act in the educative process. En *Schools*, 17(1) (págs. 136-149).

- Londoño Jiménez, D. (2014). *Secuencia didáctica para la construcción de conocimientos sobre la mecánica de fluidos en estudiantes del grado octavo*. Bogota D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Londoño, S. (2014). La enseñanza de la mecánica de fluidos en la educación secundaria. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte* N° 41, págs. 98-114.
- López Gómez, D., & Gassó Sánchez, Á. (2025). La turbulencia en canales abiertos. Un enfoque lagrangiano. En *Ingeniería del agua*, 29(3) (págs. 202-212).
- Martí, J., Heydrich, M., Rojas, M., & Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente. En *Revista Universidad EAFIT*, vol. 46 (págs. 11-21). Medellín, Colombia: Universidad EAFIT.
- Martínez, J., & Gómez, F. (2009). La técnica cooperativa formal puzzle de Aronson: Descripción y desarrollo. *Revista de Innovación Educativa VOLUMEN 9*, págs. 49-62.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN). (2004). *Lineamientos curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Bogotá D.C.: MEN.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2006). *Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Bogotá: MEN.
- Montijo Valenzuela, E., Espinoza Zallas, F., Borboa Acosta, E., Montañó Arvizu, J., & Romero García, E. (2019). Diseño y fabricación de un dispositivo didáctico digital para la simulación de fluidos incompresibles. *Revista Académica Sin Frontera VOLUMEN 12*, págs. 1-15.
- Peña Leguizamón, Y. (2018). *Propuesta didáctica para el desarrollo de habilidades cognitivas en Física desde el estudio de la mecánica de fluidos y la aplicación de sus principios al análisis de un cohete hidráulico*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Peña, J., Rodríguez, M., & Cárdenas, P. (2019). El uso del Aprendizaje Basado en Proyectos y TIC en la enseñanza de la Física: una experiencia con movimiento ondulatorio. En *Revista de Educación en Ciencias* 23(2) (págs. 120-133). Pereira: III Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil.

- Rekalde Rodríguez, I., & García Vílchez, J. (2015). El aprendizaje basado en proyectos: una propuesta de innovación en la docencia universitaria. En *nnovación Educativa*, 25 (págs. 123-138). Mexico: Instituto Politécnico Nacional. <https://doi.org/10.15304/ie.25.2304>.
- Ruiz Bautista, J. (2015). *Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las estudiantes del grado décimo del Colegio Madre Elisa Roncallo*. Bogota D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Sanjuán, M., & Casado, J. (2005). Dinámica no lineal: orígenes y futuro. En *Revista Iberoamericana de Física* (págs. 23-31).
- Sarmiento, E. (2006). *Los fluidos y sus formas extrañas*. Bogota D.C.: Pre-Impresos Estudiantes, (3).
- UNESCO. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Objetivos de aprendizaje*. Paris: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A., & Mendoza Bravo, K. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. En *Revista Conrado*, 18(84) (págs. 172-182).