



Universidad
de Navarra

**PROYECTOS STEM EN EL
BACHILLERATO INTERNACIONAL:
PROPUESTAS DESDE LA FRICCIÓN EN
EL DEPORTE**

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PROFESORADO (MUP)

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Autor: Javier Martínez de Bujanda Carasusán

Director: Dr. Jorge Elorza Barbajero

Pamplona, 2020



Universidad
de Navarra

PROYECTOS STEM EN EL BACHILLERATO INTERNACIONAL: PROPUESTAS DESDE LA FRICCIÓN EN EL DEPORTE

Memoria presentada por Javier Martínez de Bujanda Carasusán como Trabajo Fin de Máster en el Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.

Pamplona, mayo de 2020

DON JORGE ELORZA BARBAJERO profesor del Departamento de Física y Matemática Aplicada de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Navarra

HACE CONSTAR que el presente trabajo titulado “Proyectos STEM en el Bachillerato Internacional: propuestas desde la fricción en el deporte” ha sido realizado bajo su dirección por Don Javier Martínez de Bujanda Carasusán.

AUTORIZÁNDOLE a presentarlo como memoria del Trabajo Fin de Máster en Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.

Pamplona, mayo de 2020.

Firmado: Dr. Jorge Elorza Barbajero

Declaración:

Por la presente yo, Javier Martínez de Bujanda Carasusán, declaro que este Proyecto Fin de Máster es fruto de mi propio trabajo y que, en mi conocimiento, no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona, ni material que sustancialmente haya formado parte de los requerimientos para obtener cualquier otro título en cualquier centro de educación superior, excepto en los lugares del texto en los que se ha hecho referencia explícita a la fuente de la información.

Pamplona, mayo de 2020

Firmado: Javier Martínez de Bujanda Carasusán

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar este espacio para agradecer a las personas que me han ayudado, no sólo en este trabajo de fin de máster, sino en todo el año que he estado cursando el Máster Universitario en Profesorado.

Gracias a Jorge Elorza por abrirme las puertas de la educación STEM. También por buscar las mejores experiencias de aprendizaje para los estudiantes de ciencias experimentales.

Gracias a Mónica Sepúlveda por hacer de profesora y de madre de los estudiantes del MUP.

Gracias a los profesores del MUP por mostrarnos vuestros secretos.

Gracias a todos y cada uno de mis compañeros por hacer de este máster una experiencia.

Gracias a mis amigos por escucharme.

Y gracias a mis padres y a mi hermana por apoyarme siempre en los cambios.

RESUMEN

Este trabajo pretende acercar la educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas por sus siglas en inglés) al Bachillerato Internacional a través del desarrollo de dos proyectos dirigidos a estudiantes de 16 a 19 años del Programa del Diploma. Los proyectos se han enmarcado dentro de la evaluación interna de la asignatura de Física y dentro del proyecto del Grupo 4. Ambos se contextualizan en entornos deportivos y profundizan en el conocimiento de la dinámica y de la fricción. La disciplina dominante en ambos proyectos es la ciencia, si bien se utilizan las cuatro disciplinas STEM. El trabajo en entornos reales y cercanos a los estudiantes, así como el poder de decisión de los alumnos en las diferentes etapas de los proyectos fomentan el interés, la implicación y el aprendizaje. De esta forma, se potencia la interconexión de conocimientos y el desarrollo de habilidades importantes para el futuro laboral y para la vida de los estudiantes.

Palabras clave: Educación STEM, Bachillerato Internacional, Aprendizaje Basado en Proyectos, Educación Secundaria

ABSTRACT

This work aims to bring STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) education closer to International Baccalaureate through the development of two projects aimed at 16 to 19-year-old Diploma Program students. These projects have been placed in the internal assessment of physics and in the Group 4 project. Both are contextualised in sports and delve into the knowledge of dynamics and friction. Science is the dominant discipline in both projects, although the four STEM disciplines are used. Working in real and close environments for the students and empowering them to make decisions about their projects increase the interest of the students, their implication and their learning. In this way, students develop interconnection of knowledge as well as life and professional skills.

Keywords: STEM education, International Baccalaureate, Project-Based Learning, Secondary Education

ÍNDICE

Índice	1
Símbolos utilizados	3
Abreviaturas.....	5
1 Introducción y objetivos	7

PARTE 1. MARCO TEÓRICO

2 STEM	11
2.1 ¿Qué es STEM?	11
2.2 Objetivos de la educación STEM	13
2.3 Disciplinas del conocimiento en la educación STEM integrada	14
2.4 Características de la educación STEM integrada.....	18
2.5 Beneficios de la educación STEM.....	23
2.6 Desafíos actuales para la educación STEM	24
2.7 Aprendizaje basado en proyectos en educación STEM.....	25
3 Bachillerato internacional.....	31
3.1 ¿Qué es el Bachillerato Internacional?	31
3.2 El Programa del Diploma.....	35
3.3 Proyectos STEM en el Programa del Diploma	37

PARTE 2. DESARROLLO DE PROYECTOS

4 Proyecto 1. Estudio de ceras para esquiar	43
4.1 Objetivos del proyecto	44
4.2 Descripción del proyecto. Actividades	45
4.3 Temporalización	52
4.4 Contenidos	54

4.5	Recursos.....	54
4.6	Evaluación	55
4.7	Análisis del proyecto	57
5	Proyecto 2. El rozamiento y el bote de la pelotas de tenis	65
5.1	Objetivos del proyecto	65
5.2	Descripción del proyecto. Actividades	66
5.3	Temporalización	73
5.4	Contenidos	74
5.5	Recursos.....	74
5.6	Evaluación	75
5.7	Análisis del proyecto	75
6	Conclusiones.....	83
7	Bibliografía.....	85
	Anexo 1. Correspondencia de los proyectos con el contenido de los currículos.....	91
	Anexo 2. Evaluación de los proyectos	95
	Anexo 3. Ficha de la actividad previa a la formulación de la pregunta de investigación	103
	Anexo 4. Plantilla de reflexión sobre los proyectos	105

SÍMBOLOS UTILIZADOS

A : constante

a : aceleración

B : constante

C : constante

e : posición

F : fuerza

F_d : fuerza de arrastre

F_r : fuerza de rozamiento

g : aceleración de la gravedad ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

m : masa

N : fuerza normal a la superficie

t : tiempo

v : velocidad

v_x : velocidad en la dirección horizontal

v_y : velocidad en la dirección vertical

α : ángulo de inclinación

β : ángulo del vector velocidad

μ : coeficiente de rozamiento

μ_d : coeficiente de rozamiento dinámico

μ_e : coeficiente de rozamiento estático

ABREVIATURAS

ABP: Aprendizaje Basado en Proyectos.

CAD: *Computer Aided Design* (Diseño Asistido por Computadora).

CAS: Creatividad, Actividad y Servicio.

ESO: Educación Secundaria Obligatoria.

IB: *International Baccalaureate* (Bachillerato Internacional).

IBO: *International Baccalaureate Organization* (Organización del Bachillerato Internacional).

NM: Nivel Medio.

NS: Nivel Superior.

PAI: Programa de Años Intermedios.

PD: Programa del Diploma.

PEP: Programa de la Escuela Primaria.

POP: Programa de Orientación Profesional.

STEAM: *Science, Technology, Engineering, Art y Mathematics* (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas).

STEM: *Science, Technology, Engineering y Mathematics* (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas).

STREM: *Science, Technology, Robotics, Engineering y Mathematics* (Ciencia, Tecnología, Robótica, Ingeniería y Matemáticas).

TdC: Teoría del Conocimiento.

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Durante las dos últimas décadas, el acrónimo STEM, referido a los términos Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas por sus siglas en inglés, ha aumentado su popularidad a causa de la falta de vocaciones científico-tecnológicas (Domènech-Casal, Lope, & Mora, 2019; Rocard et al., 2007; Sanders, 2009). Esto, unido al gran incremento actual de la demanda de perfiles profesionales STEM, parece indicar que en el futuro habrá una falta de profesionales STEM en todo el mundo (Allen et al., 2019; Hallinen, 2019; Kelley & Knowles, 2016; Kennedy & Odell, 2014; Shaikh, 2019).

Estas razones han llevado, tanto a países desarrollados como emergentes o en vías de desarrollo, a efectuar acciones para fomentar y mejorar la educación en materias STEM (Hallinen, 2019; Kennedy & Odell, 2014), impulsando proyectos de financiación nacional e internacional (Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012; Domènech-Casal, 2018).

En el ámbito educativo, la falta de vocaciones STEM viene causada por, al menos, dos razones: en primer lugar, un bajo sentido de identidad STEM en mujeres y personas de nivel socioeconómico bajo (Martin-Hansen, 2018; Rocard et al., 2007); en segundo lugar, el desinterés que genera en los alumnos una enseñanza descontextualizada de la ciencia, la tecnología y las matemáticas (Kelley & Knowles, 2016; Rocard et al., 2007; Sanders, 2009). Los métodos actuales en la educación preuniversitaria consiguen que unos pocos lleguen muy bien preparados a los estudios superiores, pero también que muchos pierdan el interés en la rama científico-tecnológica y busquen otros caminos (Sanders, 2009). Además, el desarrollo de competencias científicas y tecnológicas que la ciudadanía necesita para vivir en la sociedad actual no es adecuado (Breiner et al., 2012; Bybee, 2010).

Estas ideas han propiciado el desarrollo de nuevas metodologías de educación STEM que integran el aprendizaje de las cuatro disciplinas en actividades didácticas concretas, con beneficios tanto académicos como sociales (Thibaut et al., 2018). Una de las metodologías educativas más utilizadas para este propósito es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), que permite conectar distintas materias de forma aplicada y contextualizada (Domènech-Casal, 2018; El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018). Esto favorece la motivación del alumno, su implicación en las actividades educativas y un aprendizaje mucho más enriquecedor (Han, Yalvac, Capraro, & Capraro, 2015).

La inserción de la educación STEM en diferentes programas educativos a través del Aprendizaje Basado en Proyectos ayuda a la preparación de los estudiantes para su futuro profesional y personal, objetivo que busca el Bachillerato Internacional en sus programas educativos (IBO, 2019). La inserción de actividades STEM en los programas del Bachillerato internacional aportaría a los estudiantes una visión más completa e interconectada de áreas del conocimiento científico-técnicas. De esta combinación nace la idea de este trabajo, que consiste en el desarrollo de dos proyectos STEM para su aplicación en el Programa del Diploma del Bachillerato Internacional, con estudiantes de entre 16 y 19 años.

En este punto, he querido dar un aporte personal al trabajo, incorporando elementos con los que me siento identificado y que me han motivado a la hora de crear estos proyectos, tal y como se debe buscar con los estudiantes en las actividades educativas. He querido unir mi pasado profesional, en el que me he dedicado a la I+D relacionada con materiales y sistemas de fricción, mi futuro profesional, es decir, la docencia, y la mayor de mis aficiones, el deporte, en concreto el esquí.

Incorporando estas tres señas de identidad al trabajo, el objetivo es el siguiente:

- Desarrollar dos proyectos STEM para alumnos del Programa del Diploma del Bachillerato Internacional orientados a profundizar en los conocimientos de dinámica y fricción y contextualizados en entornos deportivos.

El trabajo comienza con la introducción del marco teórico sobre el cual se sustentan los citados proyectos y continúa con el desarrollo de los mismos.

PARTE 1. MARCO TEÓRICO

2 STEM

2.1 ¿QUÉ ES STEM?

El acrónimo STEM proviene de las palabras inglesas *Science*, *Technology*, *Engineering* y *Mathematics* (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, Fig. 2.1), representando las cuatro disciplinas del conocimiento principales sobre las que trabajan ingenieros, científicos y matemáticos.



Fig. 2.1 Disciplinas de conocimiento STEM

La Fundación Nacional para la Ciencia de Estados Unidos (NSF por sus siglas en inglés) comenzó a utilizar en los años 90 el acrónimo SMET como una forma de referirse a estas cuatro disciplinas. Este fue sustituido por el definitivo STEM en 2001 por razones fonéticas (Sanders, 2009). Posteriormente han surgido variantes de este término, como STEAM, que incluye la A por Artes, o STREM, que incluye la R por Robótica (Shaikh, 2019), si bien el STEM sigue siendo el acrónimo más utilizado.

Desde la acuñación del término STEM, y a causa de la creencia de que el cambio de metodologías en esta áreas de la enseñanza aumentará las vocaciones científico-técnicas, países de todo el mundo han implantado estrategias de enseñanza enfocadas hacia las disciplinas STEM en todos los niveles educativos (Holmlund, Lesseig, & Slavit, 2018; Kennedy & Odell, 2014; Shaikh, 2019), con gran incidencia en la educación secundaria.

Conviene, por tanto, hacer notar la diferencia entre el concepto STEM y el de educación STEM. El primero de ellos únicamente hace referencia a las cuatro disciplinas del conocimiento más utilizadas por científicos, ingenieros o matemáticos, por lo que resulta un concepto muy amplio que puede utilizarse en una gran variedad de entornos con perspectivas diferentes. Es el segundo término, **educación STEM**, el que hace referencia

a las estrategias didácticas que trabajan sobre las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, siendo los profesores de ciencias, tecnología o matemáticas los que aplican la educación STEM (Sanders, 2009). Cuando estas disciplinas se trabajan de forma conjunta en actividades de aprendizaje interdisciplinares se habla de **educación STEM integrada**.

A pesar de que el concepto de educación STEM se ha ido expandiendo durante los últimos veinte años, pocos profesores saben cómo materializarlo en las aulas (Kelley & Knowles, 2016). El término genera desconcierto entre profesionales y se aplica de formas muy diversas (Breiner et al., 2012). La razón por la cual ocurre esto es que el término no hace referencia directa a ninguna metodología, sino a un objetivo político que se promueve mediante acciones pedagógicas (Domènech-Casal, 2018).

Esto ha generado definiciones diferentes del término educación STEM. Domènech-Casal, Lope & Mora (2019) la definen como “un panel (variante y creciente) de herramientas tecnológicas, perspectivas pedagógicas y enfoques metodológicos que se ha considerado que pueden ser de utilidad para los objetivos STEM”, a lo que añaden que “lo importante ya no es sólo saber ciencias, matemáticas y tecnología, sino saber resolver problemas en contextos reales “pensando como” matemáticas/os, científicas/os e ingenieras/os”. Sanders (2009) da una definición más instrumental de la educación STEM integrada como una aproximación que estudia la enseñanza y el aprendizaje entre dos asignaturas STEM cualesquiera o entre una asignatura STEM y otras del centro educativo. Kelley y Knowles (2016) varían esta definición refiriéndose a la educación STEM integrada como como la enseñanza del contenido de dos o más disciplinas STEM unidas mediante la práctica en un contexto creado para conectar estas asignaturas, de forma que mejore el aprendizaje del alumno. Por su parte, Shaughnessy (2013) aporta características

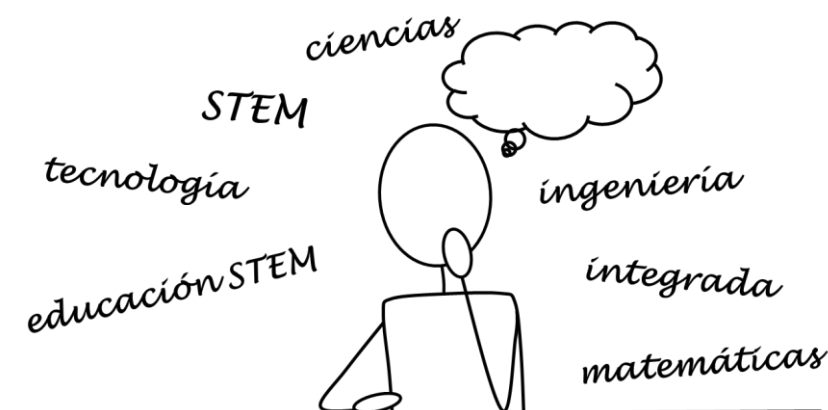


Fig. 2.2 ¿Qué es STEM?

metodológicas a la educación STEM, definiéndola como una forma de solucionar problemas que utiliza conceptos y procedimientos de matemáticas y ciencia, a los que incorpora el trabajo en equipo, la metodología de diseño de la ingeniería y el uso apropiado de la tecnología.

2.2 OBJETIVOS DE LA EDUCACIÓN STEM

Los objetivos de la educación STEM se entienden a partir de la problemática que la origina. La demanda de profesionales STEM ha incrementado a lo largo de los últimos años, y se espera que siga aumentando a una velocidad muy superior a la de otros tipos de profesionales (Hallinen, 2019; Kelley & Knowles, 2016; Kennedy & Odell, 2014; Shaikh, 2019). Sin embargo, de forma opuesta a lo deseado, se observa una falta e incluso una disminución de las vocaciones científico-tecnológicas (Hallinen, 2019; Kelley & Knowles, 2016; Kennedy & Odell, 2014; Martin-Hansen, 2018; Shaikh, 2019; Tai, 2006), que en la etapa de secundaria es un buen indicador de las probabilidades de realizar una carrera profesional STEM (Blotnick, Franz-Odenaal, French, & Joy, 2018).

Partiendo de estas necesidades, la educación STEM se fomenta para apoyar en la consecución de los siguientes objetivos:

- **Mejorar la formación en las disciplinas STEM**, profundizando en cada una de ellas y generando una mayor capacidad de resolver situaciones que no pueden solucionarse desde una única disciplina (Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios, & Vílchez-González, 2019). Este objetivo surge de la necesidad de formar a futuros profesionales de áreas científicas, tecnológicas e ingenieriles en habilidades que se requieren para este tipo de trabajos (Bybee, 2010; Kennedy & Odell, 2014; Shaikh, 2019).
- **Aumentar las vocaciones en áreas STEM** para cubrir la demanda de personas con habilidades STEM que requerirá la sociedad, fundamentalmente en mujeres, personas de perfil socioeconómico bajo o minorías (Breiner et al., 2012; Bybee, 2010; Domènech-Casal, 2018; Martin-Hansen, 2018).
- **Aumentar la cultura STEM de la sociedad.** Todas las personas tienen que desarrollar competencias científicas y tecnológicas que les permitan adaptarse y vivir en una sociedad tecnológica basada en la información (Breiner et al., 2012; Bybee, 2010; Domènech-Casal, 2018; Thibaut et al., 2018).

2.3 DISCIPLINAS DEL CONOCIMIENTO EN LA EDUCACIÓN STEM INTEGRADA

Las cuatro disciplinas STEM deben enfocarse de forma que ayuden a los estudiantes a aprender sobre todas ellas interconectándolas entre sí. Pero, dado que ninguna persona es experta en las cuatro áreas, en ocasiones las actividades diseñadas no plantean de forma adecuada alguna de las disciplinas. Esto debe solucionarse mediante el trabajo colaborativo entre departamentos del centro educativo (El Nagdi et al., 2018) y mediante la formación del profesorado.

A continuación, se explica la forma en la que enfocar cada una de las cuatro disciplinas STEM en las actividades de aprendizaje.

2.3.1 CIENCIA

La ciencia se asocia, en muchos casos, a la realización de trabajos de laboratorio que siguen unos pasos predefinidos, pero estas prácticas apenas desarrollan aptitudes científicas. La investigación científica, aplicada de forma correcta, prepara a los estudiantes para **hacerse preguntas, formular hipótesis y utilizar el método científico** (Kelley & Knowles, 2016).

En este sentido, es muy positivo dar a los alumnos la oportunidad de generar sus propias preguntas científicas sobre contenidos que les resultan interesantes, ya que esto les convierte en protagonistas de su aprendizaje (Kelley & Knowles, 2016). La apertura y flexibilidad en las actividades ayuda a que los estudiantes generen sus propias ideas de investigación y trabajen sobre ellas, ayudando a mejorar las habilidades STEM y el interés hacia estas áreas del conocimiento.

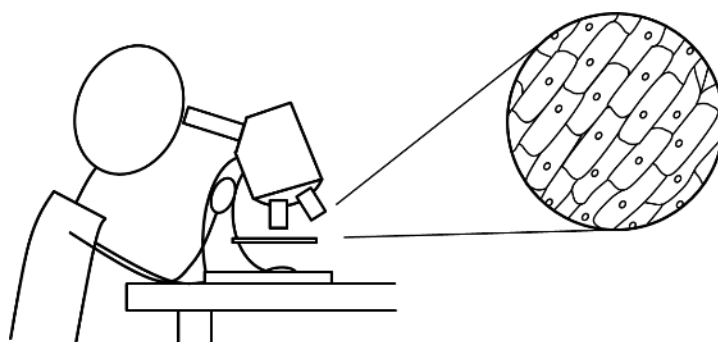


Fig. 2.3 La S de STEM se refiere a la ciencia

2.3.2 TECNOLOGÍA

La tecnología puede verse desde diferentes perspectivas que muchas veces se pasan por alto: la generación de tecnología (desarrollador), el uso de la misma (usuario) o la voluntad tecnológica, vista como aquello que le da sentido al uso de la tecnología (analista) (Kelley & Knowles, 2016). En programas STEM de largo recorrido, es muy positivo que los educadores muestren a los estudiantes la visión global, promoviendo el pensamiento crítico sobre el uso de la tecnología y sobre el vector de cambio que es, generando impactos tanto positivos como negativos en la cultura, la sociedad, la economía, la política o el medio ambiente (Kelley & Knowles, 2016). La educación STEM debería **conseguir que los alumnos entiendan cómo funcionan las cosas y la forma en la que se puede mejorar el uso de las tecnologías** (Bybee, 2010).

En referencia a la perspectiva de la tecnología como usuario, habitual en la educación STEM, esta **no debe asociarse únicamente a la informática**. Software especializado, por ejemplo programas de CAD o simuladores, permiten a los estudiantes explorar las disciplinas STEM en gran detalle y de forma práctica (Kennedy & Odell, 2014), uniendo a partir de la tecnología el resto de disciplinas (Martín-Páez et al., 2019). No obstante, la tecnología engloba mucho más que el software informático (Sanders, 2009), y es conveniente utilizarla de formas diferentes a lo largo de la educación STEM. La inclusión de la tecnología más allá de la informática es una de las mayores dificultades que tienen los profesores STEM (Wang, Moore, Roehrig, & Park, 2011).

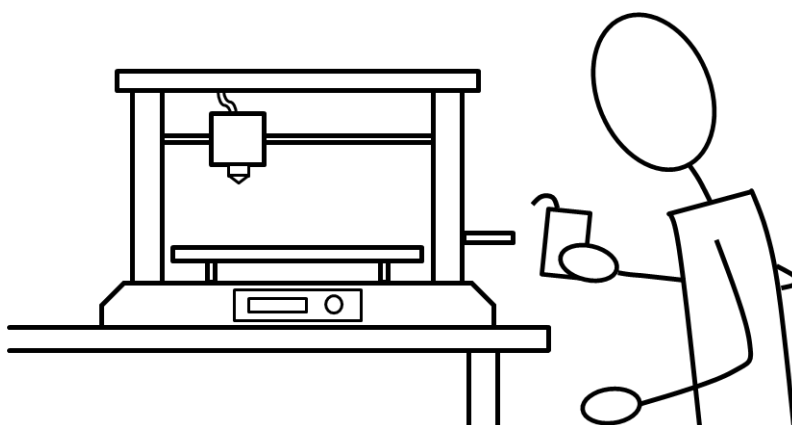


Fig. 2.4 La T de STEM se refiere a la tecnología

2.3.3 INGENIERÍA

La ingeniería es el **marco ideal para la integración de todas las disciplinas STEM** (Moore et al., 2014), pero esta debe hacer más énfasis en el proceso de diseño o en su visión como ciencia aplicada que en los resultados (Bybee, 2010; Kennedy & Odell, 2014). Martín-Páez et al. (2019), tras estudiar la implementación de proyectos STEM a través de una búsqueda bibliográfica, observó que la disciplina dominante en el 58 % de los proyectos era la ingeniería, donde se incluían habitualmente el diseño ingenieril, los problemas basados en ingeniería o la robótica.

El diseño en ingeniería, por su propia naturaleza, consiste en abordar problemas en los que habitualmente se ven involucradas la ciencia, la tecnología y las matemáticas (Kelley & Knowles, 2016; Moore et al., 2014). Esto, que es tan habitual en el mundo laboral, apenas se ha aplicado en educación hasta la llegada del concepto STEM.

Por otra parte, trabajar sobre problemas de ingeniería ayuda a contextualizar el aprendizaje en situaciones reales, lo que lo hace más significativo y aumenta el interés del estudiante hacia las disciplinas STEM (Dare, Ellis, & Roehrig, 2018).

La inclusión de la ingeniería implica la búsqueda de soluciones a un problema derivado de un diseño o la evaluación de su funcionamiento, y para ello es necesario el uso de las cuatro disciplinas STEM (Moore et al., 2014). Por ejemplo, estudiar diferentes materiales, diseños o el impacto de factores externos como la humedad sobre un diseño permite hacer una investigación embebida en un diseño ingenieril (Sanders, 2009), uniendo ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.

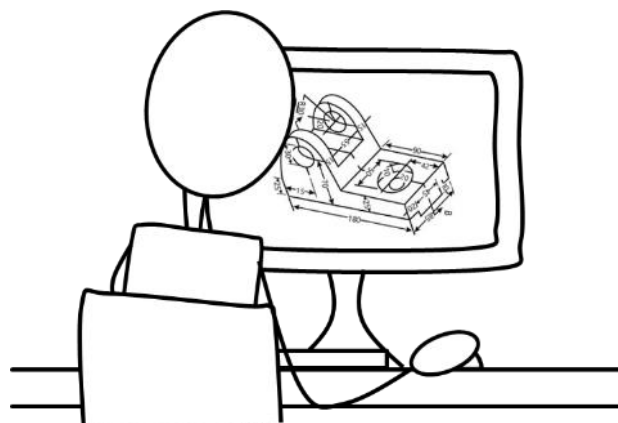


Fig. 2.5 La E de STEM se refiere a la ingeniería

2.3.4 MATEMÁTICAS

Al contrario de lo que ocurre con la ingeniería, la dificultad de integrar el resto de disciplinas a partir de las matemáticas provoca que estas apenas sean la disciplina dominante en los proyectos STEM (Martín-Páez et al., 2019), si bien siempre se trabajan de forma implícita al utilizar la ciencia, la tecnología o la ingeniería. No obstante, **las matemáticas no deben dejarse en el olvido** y deben trabajarse adecuadamente, ya que su comprensión se relaciona directamente con la elección de grados universitarios relacionados con ciencias físicas o ingeniería (Blotnicky et al., 2018; Tai, 2006). Los programas STEM deben contener una carga matemática importante, sobre la cual tiene que incidir el profesor tanto como en el resto de componentes (Shaughnessy, 2013).

Por otra parte, el trabajo contextualizado en entornos reales y cercanos, propio de la educación STEM, acerca las matemáticas a los estudiantes, que por su carácter abstracto suelen generar confusión y desinterés. **Los alumnos no sólo aprenden a resolver problemas matemáticos, sino también la razón por la cual las matemáticas y los problemas que resuelven son necesarios y relevantes para la vida** (Kelley & Knowles, 2016). Además, en muchas actividades STEM son los propios estudiantes los que descubren de forma autónoma la utilidad de las matemáticas, lo que ayuda a incrementar el interés en esta área (Star et al., 2014).

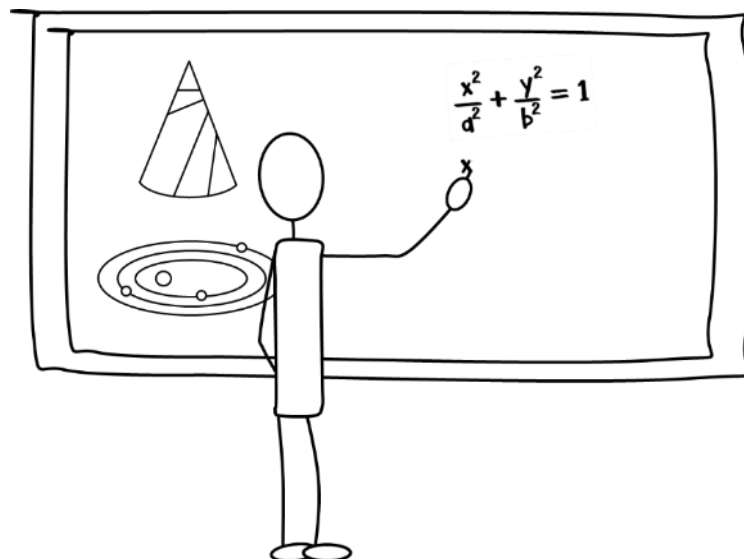


Fig. 2.6 La M de STEM se refiere a las matemáticas

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA EDUCACIÓN STEM INTEGRADA

Durante los últimos años se han estudiado diferentes marcos teóricos de la educación STEM (Kelley & Knowles, 2016; LaForce et al., 2016; Martín-Páez et al., 2019; Moore et al., 2014; Peters-Burton, Lynch, Behrend, & Means, 2014; Thibaut et al., 2018). También se han detectado características importantes de esta a partir de su implementación (Allen et al., 2019; Coello Pisco, Crespo Vaca, Hidalgo Crespo, & Díaz Jiménez, 2018; Dare et al., 2018; Domènech-Casal, 2018; Domènech-Casal et al., 2019; Holmlund et al., 2018; Wang et al., 2011). A continuación, se explican las características fundamentales que tienen los modelos de educación STEM.



Fig. 2.7 Características de la educación STEM integrada

2.4.1 INTEGRACIÓN DE DISCIPLINAS

Las acciones de educación STEM buscan **integrar las disciplinas** que la componen (Breiner et al., 2012). Los problemas del mundo real no vienen fragmentados según áreas del conocimiento, tal y como se han venido enseñando en los centros educativos, sino que requieren de la aplicación simultánea de diferentes disciplinas (Nadelson & Seifert, 2017; Thibaut et al., 2018). Por tanto, una de las características de la educación STEM debe ser la integración las cuatro disciplinas, eliminando las barreras construidas hasta ahora en una única forma de aprender (Kennedy & Odell, 2014).

Se ha demostrado que esta integración aporta una perspectiva más global de las disciplinas STEM (El Nagdi et al., 2018), mejora el rendimiento de los estudiantes y

aumenta la motivación por aprender conocimientos de estas áreas (Nadelson & Seifert, 2017; Thibaut et al., 2018).

La integración se consigue **mediante la creación de contextos** de dominio general en los que se requiere de la aplicación de conocimientos matemáticos, científicos, ingenieriles y tecnológicos (Nadelson & Seifert, 2017). Dado que los docentes están acostumbrados a compartimentar el conocimiento, suelen experimentar dificultades para trabajar las disciplinas STEM de forma entremezclada (Dare et al., 2018). Es habitual ver proyectos de trabajo divididos en fases las que se incluyen contenidos de forma aislada. De esta forma, los estudiantes trabajarían el proyecto de forma compartimentada y no llegan a observar las interconexiones entre disciplinas.

Para solucionar esta dificultad, los docentes deberían formarse para tener conocimientos de las cuatro disciplinas STEM y de las conexiones entre ellas (Breiner et al., 2012; Sanders, 2009) y/o colaborar para realizar actividades STEM multidocentes. En el segundo caso, la colaboración debe enfocarse en eliminar la compartimentación y fomentar las interconexiones entre disciplinas.

Pero los profesores no son los únicos que tienen dificultades en lo referente a la integración de disciplinas del conocimiento, también los alumnos. Por ello, **la integración del contenido STEM debe ser indicada y guiada por el profesor, estar enfocada hacia un objetivo y no debe incluir conexiones ni contenido superfluo** (Thibaut et al., 2018).

2.4.2 NUEVAS METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA

Las clases magistrales y la realización de ejercicios individuales no son las formas más adecuadas para implementar la educación STEM. Esta requiere de la incorporación de metodologías alternativas que ayuden a los alumnos a tener experiencias de aprendizaje más enriquecedoras. Los profesores tienen que estar al día en materia de nuevas metodologías y estudiar su aplicación para estimular a los alumnos y mejorar su aprendizaje (Holmlund et al., 2018).

Dado que las disciplinas STEM son aplicadas, las metodologías educativas también tienen que serlo. De esta forma, no sólo se hace referencia al conocimiento que se

adquiere sino a la forma en la que se aprende y el contexto en el que se aplica (Coello Pisco et al., 2018).

Para conseguir esto se suelen utilizar **metodologías basadas en problemas**, ya sea a través del aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en proyectos u otras metodologías similares (Nadelson & Seifert, 2017; Peters-Burton et al., 2014; Wang et al., 2011). La existencia de un problema ayuda a crear un contexto y a organizar el trabajo (Thibaut et al., 2018). Herramientas tecnológicas como la robótica o las plataformas virtuales también ayudan al desarrollo de entornos de aprendizaje STEM (Martín-Páez et al., 2019).

2.4.3 INVESTIGACIÓN, DISEÑO Y USO DE TECNOLOGÍAS

Los proyectos STEM requieren de un **proceso de investigación** para poder aplicar el método científico. En este, los estudiantes responden a una pregunta, generan nuevas ideas a partir de conocimientos previos, llevan a cabo experimentos y demuestran la comprensión de las nuevas ideas que han desarrollado (Thibaut et al., 2018).

Pero, además, estos procesos de investigación deben incluir el **diseño de un producto intermedio o final, la aplicación de metodologías o la realización de pruebas**. El diseño a nivel ingenieril y científico, apoyado por la tecnología, es lo que conecta los conocimientos teóricos con sus aplicaciones (Holmlund et al., 2018; Peters-Burton et al., 2014; Thibaut et al., 2018).

2.4.4 CONTEXTOS REALES

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la educación STEM es aplicada. Esto requiere de **entornos reales en los que contextualizar las actividades educativas**. De esta forma se conectan los nuevos conocimientos con situaciones, entornos y otros conocimientos preexistentes, lo que genera que se acerquen los contenidos a los estudiantes, que el trabajo cobre mayor sentido y que se fomente el aprendizaje significativo (Holmlund et al., 2018; Thibaut et al., 2018; Wang et al., 2011).

2.4.5 LA EDUCACIÓN STEM ES SOCIAL

Una de las características fundamentales de la educación STEM, al igual que de las profesiones STEM, es que **se realiza en entornos sociales**. La interacción con otros genera conocimiento, promoviendo que los estudiantes construyan sus interpretaciones personales del mundo basándose en sus propias experiencias y en las interacciones con el medio en el que se encuentran (Thibaut et al., 2018).

Por un lado, el **trabajo cooperativo en grupos pequeños** estimula las habilidades interpersonales y cognitivas de los estudiantes (Wang et al., 2011). Idealmente, con un proyecto bien diseñado se puede llegar a generar una interdependencia positiva entre los alumnos, por lo que la única forma de llegar al resultado sería a través de la colaboración y la participación de todos los miembros del grupo (Thibaut et al., 2018).

Por otro lado, se debe fomentar la **creación de una comunidad de aprendizaje** dentro y fuera del centro educativo (Kelley & Knowles, 2016; LaForce et al., 2016). Para avanzar en sus trabajos y lograr sus objetivos, los estudiantes colaboran entre sí con el apoyo del profesorado, pero pudiendo tener contacto también con expertos en las áreas en las que están trabajando y entidades externas al centro escolar (Holmlund et al., 2018; Peters-Burton et al., 2014). De esta forma, los estudiantes tienen adoptan perspectivas mucho más completas, tienen un papel más activo en el desarrollo de las actividades y se adueñan de su proceso de aprendizaje (El Nagdi et al., 2018).

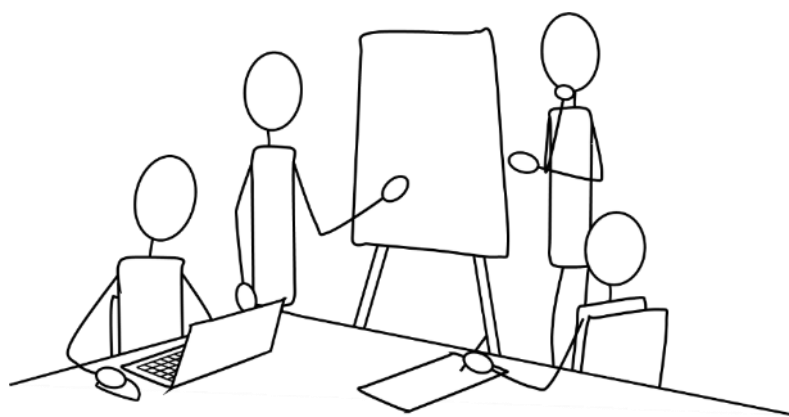


Fig. 2.8 El trabajo en grupos es una parte esencial de la educación STEM

2.4.6 ENSEÑANZA PERSONALIZADA E INCLUSIVA

Uno de los objetivos de la educación STEM, como se ha mencionado antes, es aumentar las vocaciones en estas áreas. Para ello, es clave que la enseñanza sea personalizada e inclusiva.

Lo contenidos o los problemas tienen que ser significativos para los estudiantes, el aprendizaje se optimiza cuando estos tienen el deseo de investigar sobre un tema (Holmlund et al., 2018). Para ello, los elementos formativos tienen que ser personalizados a las habilidades y los intereses de cada alumno o cada grupo de alumnos (LaForce et al., 2016).

Por otro lado, se debe prestar especial **atención a los grupos poco representados** en los campos profesionales STEM: mujeres, personas de perfil socioeconómico bajo o minorías (Holmlund et al., 2018; Martin-Hansen, 2018; Martín-Páez et al., 2019; Peters-Burton et al., 2014).

2.4.7 FOMENTO DE HABILIDADES PARA EL TRABAJO Y PARA LA VIDA

Aplicando la enseñanza STEM de forma adecuada, se fomentan en los estudiantes **habilidades tanto para el trabajo como para la vida** (LaForce et al., 2016). Estas habilidades para la vida pueden identificarse como las llamadas habilidades del siglo XXI: resolución de problemas, colaboración, pensamiento crítico, comunicación de ideas, creatividad, perseverancia, etc. (Holmlund et al., 2018)

2.4.8 ENSEÑANZA EXIGENTE

En cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje, y en concreto en la educación STEM, **esperar que los estudiantes rindan a alto nivel** y planificar programas de aprendizaje exigentes provoca un buen rendimiento de los alumnos (LaForce et al., 2016). No obstante, debe evitarse sobredimensionar las actividades o proyectos para que habitualmente los estudiantes lleguen exitosamente al final. En el caso de excederse con la dificultad o la exigencia, los alumnos podrían desinteresarse y perder el sentido de identidad hacia ramas STEM (Domènech-Casal, 2018). Lo mismo ocurre si las actividades resultan demasiado sencillas (Nadelson & Seifert, 2017).

2.4.9 TEMPORALIZACIÓN

Viendo la enseñanza STEM desde una perspectiva más global, la duración y el momento de aplicación de los programas educativos no son temas triviales. Con respecto a la duración, actividades STEM puntuales no parecen apenas efecto sobre la identidad STEM de los estudiantes (Martín-Páez et al., 2019), pero sí cuando **los programas STEM se mantienen en el tiempo**, al menos durante cuatro semanas (Allen et al., 2019).

Respecto al momento de aplicación de estos programas, Tai et al. (2006), observó que aproximadamente la mitad de las personas con titulaciones universitarias que en segundo de ESO pensaban seguir una carrera científico-técnica lo hacían, frente a un tercio que en segundo de ESO no pensaban seguir una carrera científico-técnica y finalmente sí lo hacían. Por ello, **es conveniente comenzar la educación STEM al inicio de la secundaria** para fomentar el interés por estas disciplinas, **o si es posible antes** (Bybee, 2010). En cualquier caso, es importante mantener esta educación durante la ESO, ya que los intereses por las matemáticas disminuyen en gran medida en esta época (Blotnicky et al., 2018).

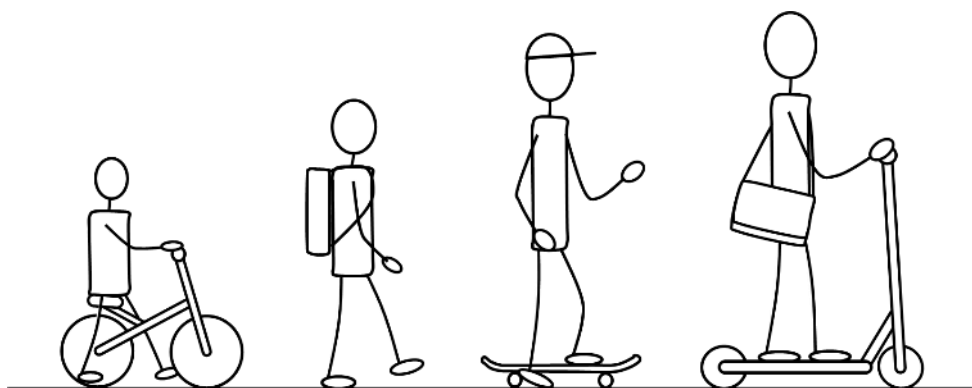


Fig. 2.9 ¿En qué edades se debe implantar la educación STEM?

2.5 BENEFICIOS DE LA EDUCACIÓN STEM

Aplicada de forma adecuada, la educación STEM integrada ha demostrado aportar beneficios en referencia a los objetivos para los que se ha desarrollado y otros:

- Aumenta la motivación y el interés por las disciplinas STEM, lo que además puede aumentar en el futuro el número de profesionales en ramas STEM (Coello

Pisco et al., 2018; Domènech-Casal, 2018; Martín-Páez et al., 2019; Thibaut et al., 2018; Wang et al., 2011).

- Permite entender conocimientos de naturaleza abstracta, fomentando un aprendizaje contextualizado de las ciencias y las matemáticas y generando interconexiones entre disciplinas STEM (Martín-Páez et al., 2019; Sanders, 2009). Esto, además es percibido por los propios alumnos (Coello Pisco et al., 2018).
- El rendimiento académico en asignaturas STEM aumenta con respecto a otras metodologías más tradicionales (Kennedy & Odell, 2014; Martín-Páez et al., 2019; Nadelson & Seifert, 2017; Thibaut et al., 2018).
- El nivel de confianza de los estudiantes en asignaturas como matemáticas y ciencia se ve incrementado (Benjumeda & Romero, 2017; Wang et al., 2011).
- Contribuye al desarrollo de la creatividad y las habilidades tecnológicas (Martín-Páez et al., 2019).
- Promueve el aprendizaje colaborativo y permite desarrollar habilidades sociales, lo cual es percibido por los propios alumnos (Benjumeda & Romero, 2017; Coello Pisco et al., 2018).
- En algunos casos, se ha observado que la educación STEM disminuye el absentismo escolar y los expedientes disciplinarios (Benjumeda & Romero, 2017; Kennedy & Odell, 2014).

2.6 DESAFÍOS ACTUALES PARA LA EDUCACIÓN STEM

A pesar del esfuerzo realizado por muchos países y centros educativos, actualmente existen ciertas barreras a la implementación de programas de educación STEM en los centros de secundaria:

- Requiere de una estructuración del currículo y de las asignaturas que permita una interconexión entre las asignaturas actualmente separadas. (Thibaut et al., 2018; Wang et al., 2011).
- La educación STEM requiere de muchos recursos: herramientas de construcción, dispositivos electrónicos u otros materiales utilizados en diferentes caso (Thibaut et al., 2018).

- El esfuerzo requerido para implementar la educación STEM en una estructura tan alejada a ella como es el sistema educativo actual, con materias totalmente compartimentadas, es muy grande (Nadelson & Seifert, 2017).
- Los profesores deben tener conocimiento de las cuatro disciplinas STEM y de la conexión entre estas, lo que requiere de formación sobre identidad y educación STEM (Breiner et al., 2012; Kelley & Knowles, 2016; Martin-Hansen, 2018; Nadelson & Seifert, 2017; Sanders, 2009; Thibaut et al., 2018).
- La resistencia de muchos profesores a llevar a cabo cambios en la enseñanza dificulta estas innovaciones (Thibaut et al., 2018).
- Muchos profesores no son conscientes de lo que pueden hacer para generar un impacto positivo en la identidad científica del alumnado (Martin-Hansen, 2018).
- Todavía existe una falta desconocimiento sobre la educación STEM (Breiner et al., 2012) y de consenso sobre la manera en la que debería integrarse el aprendizaje STEM en los centros educativos (Thibaut et al., 2018).

2.7 APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS EN EDUCACIÓN STEM

Una de las metodologías educativas más utilizadas en la educación STEM es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), que permite unir materias de forma aplicada y contextualizada. Para muchos autores constituye una parte fundamental de la educación STEM (Domènech-Casal, 2018; El Nagdi et al., 2018).

2.7.1 ¿QUÉ ES ABP?

El ABP está basado en las propuestas que hicieron Kilpatrick y Dewey en 1918 y 1939, respectivamente (Han, Capraro, & Capraro, 2015). Este consiste en generar conocimientos a través de procesos en los que el alumno resuelve un problema o elabora un producto (proyecto), procesos que requieren de la aplicación de conocimientos previos e implican la adquisición de otros nuevos (Domènech-Casal, 2018; Thomas, 2000). Frente a la educación tradicional, donde el alumno es un receptor pasivo de información, el ABP fomenta la construcción activa de conocimiento por parte del propio alumno (Han, Capraro, et al., 2015; Thomas, 2000).

Si bien cada docente utiliza el ABP de forma ligeramente diferente, hablar de ABP no es sinónimo de hablar de proyectos. Esta metodología tiene características propias que

habitualmente se cumplen, y que se explican referidas a cuatro aspectos de los proyectos: la contextualización, el propósito educativo, el papel de los alumnos y el cierre. A continuación se explica cada uno de estos aspectos.

2.7.1.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS

Los proyectos realizados parten de situaciones o **problemas contextualizados** en un entorno en el que se va a dar el aprendizaje (Domènech-Casal, 2018; Sanmarti Puig & Márquez Bargalló, 2017). Para que el aprendizaje sea más significativo, los proyectos suelen ubicarse en contextos cercanos y reales.

Una vez contextualizado el proyecto, la forma más habitual de determinar el camino que tiene que seguir el alumno es a través de una **pregunta guía**. Esta pregunta tiene que dirigir a los estudiantes hacia los objetivos de aprendizaje que se quieran conseguir en el proyecto (Markham, 2011; Thomas, 2000). Además, la pregunta guía tiene que ser abierta, provocativa y tiene que constituir un reto para el estudiante (Domènech-Casal, 2018; Larmer & Mergendoller, 2010).

2.7.1.2 PROPÓSITO EDUCATIVO

Los proyectos se centran en cuestiones que guían a los estudiantes hacia los temas centrales de una disciplina, que aprenderán en el propio proyecto (Sanmarti Puig & Márquez Bargalló, 2017; Thomas, 2000). El aprendizaje de estos contenidos no se realiza simplemente a través de la búsqueda de información en el libro, sino a partir de **procesos de investigación que llevan a la construcción de nuevo conocimiento** (Thomas, 2000). Mediante este proceso, los estudiantes dan respuesta a cuestiones iniciales o que van surgiendo a lo largo del proyecto (Larmer & Mergendoller, 2010; Sanmarti Puig & Márquez Bargalló, 2017).

La **evaluación** de los proyectos, que relaciona los objetivos con las estrategias educativas, se realiza **con carácter formativo a lo largo de los proyectos** (Markham, 2011). La primera versión de un trabajo no suele ser perfecta y los alumnos deben ser conscientes de esto (Larmer & Mergendoller, 2010).

De igual forma, la evaluación tiene que prestar la **misma atención al contenido y a las habilidades** (Markham, 2011). Para que el alumno desarrolle no únicamente conocimientos, sino también **habilidades que le sirvan para el trabajo y para la vida**,

estas tienen que ser fomentadas y evaluadas. Estas habilidades son, entre otras, la colaboración, la comunicación, el pensamiento crítico o el uso de tecnología (Larmer & Mergendoller, 2010; Markham, 2011; Sanmarti Puig & Márquez Bargalló, 2017).

2.7.1.3 PAPEL DE LOS ALUMNOS

En el ABP, **los alumnos son el centro del proceso de aprendizaje**, no el currículo (Markham, 2011). Para ello, el profesor tiene que pasar de ser un director y un transmisor de conocimientos a un promotor de la acción y el aprendizaje por parte de los alumnos, un proveedor de recursos y un facilitador de conocimientos (Han, Yalvac, et al., 2015).

El **trabajo en grupo y el trabajo cooperativo** son recursos muy utilizados en el ABP para promover habilidades interpersonales. No obstante, los grupos tienen que hacerse heterogéneos, con personas de habilidades diferentes, pero que puedan funcionar y trabajar adecuadamente para perseguir el objetivo del proyecto (Markham, 2011; Sanmarti Puig & Márquez Bargalló, 2017).

Por otra parte, el profesor tiene que conseguir que los alumnos se muestren interesados y motivados en los proyectos. Para conseguir esto, es adecuado **comenzar el proyecto con una actividad dinámica que capte la atención de los estudiantes**, les genere interés y haga que estos participen (Larmer & Mergendoller, 2010; Markham, 2011).

Otra característica del ABP que habitualmente genera incomodidad a los docentes es que **los alumnos deben tener poder de opinión y decisión** sobre los proyectos (Benjumeda & Romero, 2017). Cuanto más poder y autonomía se les dé a los alumnos para trabajar, mejor terminarán respondiendo y más habilidades adquirirán. Esto no quiere decir que los estudiantes pueden hacer lo que quieran, sino que el docente tiene que compartir responsabilidades con ellos y darles libertad de decisión sin que ello desvíe el trabajo de los objetivos didácticos que busca (Larmer & Mergendoller, 2010; Thomas, 2000).

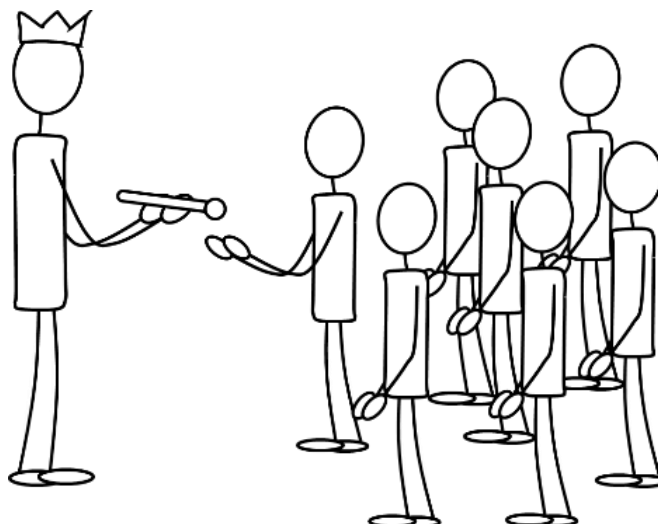


Fig. 2.10 Los alumnos tienen poder de opinión y decisión en el ABP, no solo el profesor

2.7.1.4 CIERRE DE LOS PROYECTOS

Un aspecto que los alumnos tienen que tener siempre en mente, además de la pregunta guía, es el final del proyecto (Markham, 2011). Para ello, habitualmente se realiza una **actividad de finalización de los proyectos**, donde los alumnos exponen sus trabajos según el formato decidido entre el profesor y los estudiantes ante una audiencia (Sanmarti Puig & Márquez Bargalló, 2017). Es preferible que la audiencia la formen, además del profesor y los compañeros, terceras personas como padres o profesionales de las temáticas sobre las que versan los proyectos. De esta forma el trabajo de los alumnos es más consciente y el aprendizaje más significativo (Larmer & Mergendoller, 2010).

Por otra parte, y posteriormente a la finalización de los proyectos, es muy positivo para el aprendizaje que profesores y alumnos realicen una **reflexión para evaluar cómo ha resultado el proyecto**, si se ha respondido a la pregunta guía o si se han mejorado habilidades (Markham, 2011; Sanmarti Puig & Márquez Bargalló, 2017).

2.7.2 ABP EN EDUCACIÓN STEM

La utilización de ABP en el ámbito de la educación STEM resulta sencilla por las numerosas características que comparten: la construcción de conocimientos mediante la investigación, la contextualización en entornos reales, el uso de tecnologías, el trabajo en equipo, el fomento de habilidades para el trabajo y para la vida, etc.

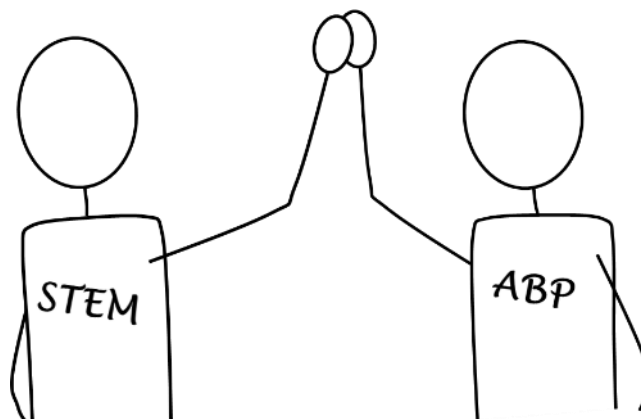


Fig. 2.11 El ABP es una de las metodologías más utilizadas en educación STEM

La actuación sobre un conflicto, en este caso en el marco de un proyecto, suele requerir trabajo sobre varias disciplinas sin que exista un conocimiento o dominio completo del contenido (Domènech-Casal et al., 2019). Por ello, mediante la combinación de ABP y educación STEM se pueden crear proyectos de aprendizaje de materias científico-tecnológicas como un conjunto (Benjumeda & Romero, 2017), donde los estudiantes tienen la oportunidad de construir conocimientos sobre disciplinas STEM en un contexto formativo más enriquecedor que las clases tradicionales, donde el docente explicaba contenidos y el alumno escuchaba de forma pasiva (Han, Yalvac, et al., 2015).

Además, esta forma de aprendizaje es muy similar a la forma de trabajar en la mayor parte de los entornos profesionales, por lo que sirve para desarrollar habilidades que los estudiantes necesitarán en su futuro profesional. También habilidades que les servirán para la vida, como el pensamiento crítico, habilidades interpersonales o el uso de tecnología.

Los beneficios que se consiguen mediante el uso del ABP en educación STEM y la cercanía entre ambas estrategias educativas hacen que esta combinación sea muy utilizada (Domènech-Casal, 2018). Por ello, los proyectos que se desarrollan en este documento se van a crear como proyectos correspondientes a un ABP dentro de la educación STEM.

3 BACHILLERATO INTERNACIONAL

3.1 ¿QUÉ ES EL BACHILLERATO INTERNACIONAL?

El Bachillerato Internacional (IB por sus siglas en inglés) es un conjunto de programas educativos que la Organización del Bachillerato Internacional (IBO por sus siglas en inglés) comenzó a crear en 1968. Estos se encuentran dirigidos a estudiantes no universitarios de entre 3 y 19 años (IBO, 2019).

El objetivo de los programas del IB es ofrecer una educación que permita a los alumnos comprender las complejidades del mundo que los rodea, así como desarrollar las habilidades y aptitudes necesarias para emprender acciones responsables con vistas al futuro. Los programas proporcionan una educación que trasciende las fronteras disciplinarias, culturales, nacionales y geográficas, y que fomenta una postura de participación crítica, ideas estimulantes y relaciones significativas. (IBO, 2019)

La declaración de principios del IB resume la visión de la enseñanza en sus programas:

El Bachillerato Internacional tiene como meta formar jóvenes solidarios, informados y ávidos de conocimiento, capaces de contribuir a crear un mundo mejor y más pacífico, en el marco del entendimiento mutuo y el respeto intercultural.

En pos de este objetivo, la organización colabora con establecimientos escolares, gobiernos y organizaciones internacionales para crear y desarrollar programas de educación internacional exigentes y métodos de evaluación rigurosos.

Estos programas alientan a estudiantes del mundo entero a adoptar una actitud activa de aprendizaje durante toda su vida, a ser compasivos y a entender que otras personas, con sus diferencias, también pueden estar en lo cierto. (IBO, 2019)

Los programas IB se sustentan en cuatro pilares fundamentales (IBO, 2019):

- La mentalidad internacional.
- El perfil de la comunidad de aprendizaje del IB.
- Un currículo amplio, equilibrado, conceptual y cohesivo.
- Los enfoques de la enseñanza y el aprendizaje.

3.1.1 LA MENTALIDAD INTERNACIONAL

Uno de los objetivos del IB es formar personas con mentalidad internacional, caracterizada por una actitud de apertura al mundo, el reconocimiento de los vínculos que compartimos con los demás y la responsabilidad compartida de velar por el planeta (IBO, 2019).

A través de la comprensión del mundo que nos rodea, la reflexión de las diferentes culturas o identidades, el multilingüismo o el servicio a la comunidad, la educación IB pretende generar una conciencia global que nos permita progresar en pos de un mundo más pacífico (IBO, 2019).

3.1.2 PERFIL DE LA COMUNIDAD DE APRENDIZAJE DEL IB

Para conseguir los objetivos de la educación IB, los miembros de la comunidad IB se esfuerzan por desarrollar una serie de valores (Fig. 3.1) que ayuden al desarrollo personal en un entorno global, comprometido por el planeta y más pacífico (IBO, 2018d):

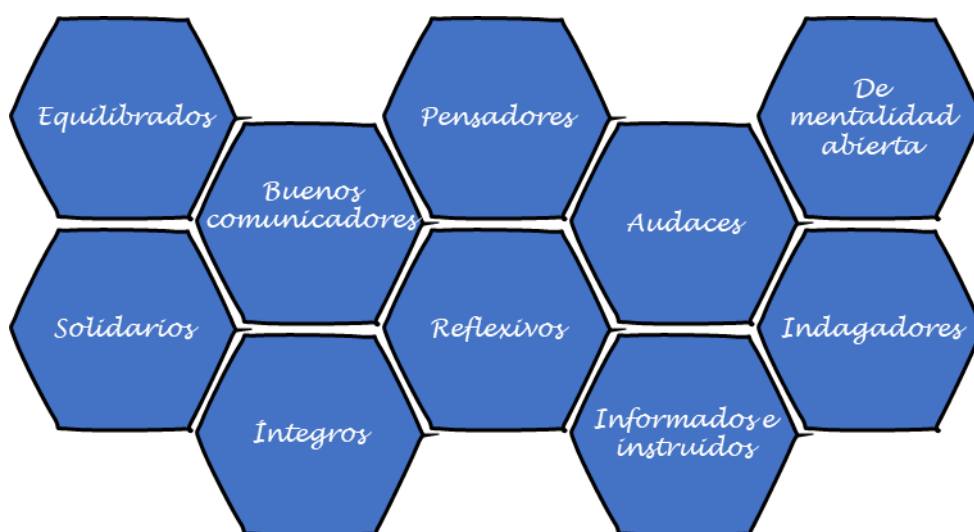


Fig. 3.1 Atributos de la comunidad IB

3.1.3 UN CURRÍCULO AMPLIO, EQUILIBRADO, CONCEPTUAL Y COHESIVO

El currículo del IB se desarrolla en cuatro programas educativos orientados a diferentes etapas ente 3 y 19 años (Fig. 3.2), todos ellos fomentando la mentalidad internacional y desarrollando los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje (IBO, 2019):

- El **Programa de la Escuela Primaria (PEP)**, enfocado a alumnos de entre 3 y 12 años.
- El **Programa de Años Intermedios (PAI)**, dirigido a estudiantes de 11 a 16 años.
- El **Programa del Diploma (PD)**, primero de los programas IB (ofertado desde 1968), y orientado a estudiantes de 16 a 19 años enfocados hacia enseñanzas académicas.
- El **Programa de Orientación Profesional (POP)**, dirigido a estudiantes de 16 a 19 años que optan por una formación profesional.



Fig. 3.2 Programas del IB (IBO, s. f.)

3.1.4 LOS ENFOQUES DE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE

Las metodologías utilizadas en el IB se basan en seis enfoques de enseñanza (Fig. 3.3) y cinco enfoques de aprendizaje (Fig. 3.4) que facilitan la educación del alumno de acuerdo con la visión del IB y que influyen profundamente en los resultados educativos. Estos enfoques se centran en un ciclo de indagación, acción y reflexión que sirve de base para las actividades diarias de docentes y alumnos (IBO, 2019).

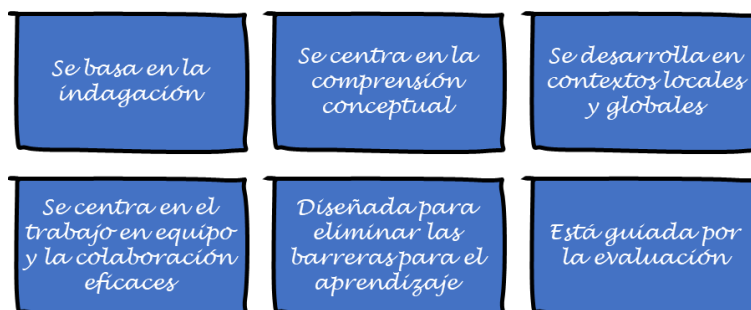


Fig. 3.3 Enfoques de enseñanza del IB



Fig. 3.4 Enfoques de aprendizaje del IB

La enseñanza de todos los programas del IB (IBO, 2019):

- **Se basa en la indagación.** Los alumnos buscan la información necesaria en cada momento para generar una comprensión propia.
- **Se centra en la comprensión conceptual.** La comprensión de conceptos permite conectar el aprendizaje con otros contextos y profundizar en cada disciplina.
- **Se desarrolla en contextos locales y globales.** Relacionar lo aprendido con experiencias propias, ejemplos de la vida real o el mundo que nos rodea ayuda a construir un aprendizaje más sólido
- **Se centra en el trabajo en equipo y la colaboración eficaz,** fomentando el trabajo en equipo y la colaboración tanto entre alumnos como entre docentes y alumnos.
- **Está diseñada para eliminar las barreras para el aprendizaje.** La enseñanza es inclusiva y afirma la identidad de los alumnos mediante el establecimiento de objetivos adecuados a cada uno.
- **Está guiada por la evaluación.** Esta apoya el aprendizaje y marca el proceso de enseñanza.

Con respecto a los enfoques de aprendizaje, estos se mantienen en todos los programas del IB, adaptando el trabajo de cada grupo de habilidades según el nivel de desarrollo de los alumnos (IBO, 2019). En los proyectos realizados en el Programa del Diploma, si bien se trabajan en mayor o menor medida todas las habilidades de aprendizaje del IB, cobran especial importancia las de investigación.

Los alumnos del Programa del Diploma deben desarrollar **habilidades de investigación** que incluyan la formulación de un problema de investigación, la determinación de variables, la búsqueda, identificación y gestión de la información, la citación de fuentes, el diseño de ensayos, el procesado y análisis de datos, la discusión de resultados, la evaluación crítica del proceso de investigación o la publicación de resultados. Esto se realiza, además de mediante actividades propuestas por los profesores, en los diferentes

proyectos de investigación que tienen que hacer los alumnos: la monografía, el proyecto del Grupo 4 (ciencias) y las evaluaciones internas de algunas asignaturas.

Dentro de estas habilidades, cobra gran importancia la obtención de información en internet y la gestión de la misma (IBO, 2015b). La enorme cantidad de información de fácil acceso es inabarcable para una persona que no sabe gestionarla. Por ello, a lo largo del Programa del Diploma, se trabaja la identificación de fuentes fiables, la adquisición de recursos de búsqueda y el seguimiento de información.

3.2 EL PROGRAMA DEL DIPLOMA

El Programa del Diploma (Fig. 3.5) se oferta a alumnos de entre 16 y 19 años que se quieran enfocar hacia enseñanzas académicas. A lo largo de dos años, estos cursan seis asignaturas y una serie de componentes troncales que desarrollan las habilidades académicas requeridas para sus estudios posteriores y la profesión que elijan (IBO, 2015a). De igual forma, el programa fomenta el desarrollo de habilidades y valores para la vida extraacadémica.



Fig. 3.5 Modelo del Programa del Diploma (IBO, s. f.)

En el centro del modelo que representa el programa (Fig. 3.5) se ubica el perfil de la comunidad de aprendizaje del IB y los enfoques de enseñanza de aprendizaje (IBO, 2015a). El Programa del Diploma lo completan los componentes troncales del programa,

que son Teoría del Conocimiento (TdC), Monografía y Creatividad, Actividad y Servicio (CAS), y los seis grupos de asignaturas que han de estudiar los alumnos.

- **Teoría del Conocimiento.** Se centra, más que en la adquisición de conocimientos, en el pensamiento crítico y la indagación acerca del proceso de aprendizaje (IBO, 2015a). Las guías de las asignaturas contienen enfoques a partir de los cuales se puede trabajar la TdC en estas.
- **Creatividad, Actividad y Servicio.** Los alumnos, en paralelo al estudio de las disciplinas académicas del programa, deben participar en actividades de creatividad, actividad y servicio. En ellas, los alumnos podrán materializar el perfil de la comunidad de aprendizaje de forma práctica, creando un mundo mejor y más pacífico basado en el entendimiento mutuo y el respeto intercultural (IBO, 2015a).
- **Monografía.** Consiste en un trabajo en el cual los alumnos pueden investigar sobre un tema que les interese especialmente, el cual tiene que estar relacionado con alguna de las asignaturas cursadas. Su objetivo es fomentar el desarrollo de habilidades de investigación y redacción avanzadas, el descubrimiento intelectual y la creatividad (IBO, 2015a).

Los componentes troncales del Programa del Diploma deben tenerse en cuenta en las diferentes asignaturas que trabajan los alumnos. Los profesores tienen que considerar cómo TdC, monografía y CAS pueden contribuir a entender mejor los contenidos que se estudian en el PD (IBO, 2015a).

Envolviendo el núcleo del programa se encuentran las disciplinas académicas que se estudian en el Programa del Diploma (Fig. 3.5), que moldean el PD a partir de una enseñanza multidisciplinar. Cada alumno estudia seis asignaturas, que incluyen dos lenguas, una del grupo de Individuos y Sociedades, una del grupo de Ciencias, una del grupo de Matemáticas, y una sexta asignatura de cualquiera de los grupos. Las asignaturas se pueden cursar en el nivel medio o superior, permitiendo la especialización del alumno en las materias que desee. Al menos tres asignaturas deben cursarse en el nivel superior (IBO, 2015a).

3.3 PROYECTOS STEM EN EL PROGRAMA DEL DIPLOMA

El PD, por la forma en la que está planteado y por la amplitud y complejidad del programa, no puede abordarse desde el ABP como un aprendizaje basado fundamentalmente en proyectos. Sí se podrían realizar proyectos STEM de forma puntual en las asignaturas de ciencias, pero no de forma continua. No obstante, el ABP en entornos STEM es una metodología idónea para implementar en tres puntos del programa: la evaluación interna de las asignaturas del grupo de ciencias, el proyecto del Grupo 4 (ciencias) y la monografía.

Los proyectos desarrollados en el presente documento se encuadran en dos trabajos diferentes que tienen que realizar los alumnos: uno en la evaluación interna de la asignatura de Física y otro en el proyecto del Grupo 4. Dependiendo del marco en el que se realicen los proyectos, la pregunta de investigación o la forma de trabajo cambia.

Los proyectos que se describen también podrían realizarse en la monografía. No obstante, a diferencia de la evaluación interna y el proyecto del Grupo 4, donde el profesor puede orientar a los alumnos en la elección del tema o en etapas posteriores, la elección del tema en la monografía debe realizarla el alumno. Además, en el desarrollo del trabajo, el alumno también será completamente autónomo. Teniendo en cuenta esto, la probabilidad de que un alumno escoja uno de los temas que se proponen en este trabajo es mínima. Esta es la razón por la cual únicamente se encuadran los proyectos ABP/STEM en el marco de la evaluación interna de Física y el proyecto del Grupo 4.

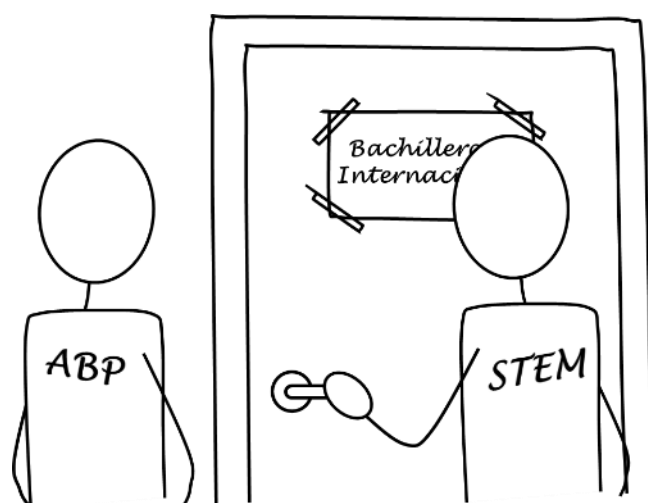


Fig. 3.6 La educación STEM y el ABP pueden incluirse dentro de algunas actividades del IB

3.3.1 EVALUACIÓN INTERNA DE FÍSICA

La evaluación interna en la asignatura de Física (IBO, 2018b) consiste en la realización de un trabajo de investigación individual que cubra un tema acorde al programa de la asignatura. Por la temática del proyecto enmarcado en la evaluación interna de Física, este también podría situarse en la evaluación interna de Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud (IBO, 2018a), pero se ha decidido optar por una de las dos asignaturas porque el enfoque del proyecto puede cambiar según la asignatura.

Este trabajo de investigación se realiza según los mismos criterios en el nivel medio y el superior, siendo su realización obligatoria y valiendo un 20 % de la nota de la asignatura. El tiempo lectivo destinado al trabajo será de alrededor de 10 horas y los alumnos deberán realizar un informe de investigación de entre 6 y 12 páginas (IBO, 2018b).

En este proyecto, si bien el trabajo debe ser original del alumno, no se pretende que los estudiantes decidan el tema y trabajen sin ningún tipo de ayuda por parte del profesor. El profesor debe desempeñar un papel importante en las etapas de planificación y elaboración del trabajo de evaluación interna, asesorando al alumno (IBO, 2018b). Podrán sugerir posibles temas o enfoques del proyecto de forma abierta, siempre sin asignar preguntas de investigación a los alumnos, y deberán leer un borrador del trabajo final para asesorar y proponer mejoras a los alumnos.

Algunas opciones que pueden ser un proyecto de evaluación interna son: una investigación práctica de laboratorio, la creación de un modelo físico, el análisis de información de una base de datos, la aplicación de una simulación, etc. (IBO, 2018b)

Los criterios de evaluación de la evaluación interna marcan el trabajo a realizar. Estos son (IBO, 2018b):

- **Compromiso personal** como el grado en el que el alumno se compromete con la exploración y la hace propia (por ejemplo, abordando intereses personales o mostrando iniciativa en el diseño).
- **Exploración.** El contexto científico del trabajo, evaluado a través de la pregunta de investigación, la comprensión de los conceptos trabajados, la metodología y las técnicas utilizadas, debe ser adecuado.
- **Análisis.** Las pruebas seleccionadas, registradas, procesadas e interpretadas deben ser adecuadas a la pregunta de investigación y poder apoyar las conclusiones.

- **Evaluación.** Los resultados responden a la pregunta de investigación y se evalúan en el contexto de esta.
- **Comunicación.** El informe de investigación y su presentación se realizan de forma clara, pertinente y precisa.

3.3.2 PROYECTO DEL GRUPO 4

Todos los alumnos, a excepción de los que cursan la asignatura de Sistemas Ambientales y Sociedades, deben realizar el proyecto del Grupo 4 a lo largo del Programa del Diploma. Este consiste en una investigación en el que alumnos que cursan diferentes asignaturas del Grupo 4 (ciencias) trabajan en grupos en un tema científico o tecnológico común, por lo que se requiere la colaboración y el intercambio de información entre ellos. El énfasis debe recaer en la cooperación más que en los resultados de la investigación (IBO, 2018b). Es aconsejable que los alumnos escojan el tema del trabajo, si bien no es un requisito imprescindible. El profesor puede plantear un tema abierto a partir del cual cada grupo decida un trabajo concreto.

El objetivo del proyecto del Grupo 4 no es tanto el producto de la investigación, sino la cooperación interdisciplinaria. Los proyectos deben abordar los objetivos generales 7, 8 y 10 de las guías de las asignaturas del Grupo 4 (IBO, 2018b):

7. Desarrollar las habilidades de comunicación del siglo XXI para aplicarlas al estudio de la ciencia.
8. Tomar conciencia crítica, como ciudadanos del mundo, de las implicaciones éticas del uso de la ciencia y la tecnología.
10. Desarrollar la comprensión de las relaciones entre las distintas disciplinas científicas y su influencia sobre otras áreas de conocimiento.

El proyecto, con 10 horas lectivas asignadas, se divide en tres etapas (IBO, 2018b):

- **Planificación.** Consiste en la elección del tema de investigación a partir de una lluvia de ideas y la definición de las actividades que se llevarán a cabo en etapas posteriores. Debe durar alrededor de dos horas.
- **Acción.** En esta etapa los alumnos llevan a cabo la investigación. Tiene que ser un trabajo colaborativo de todo el grupo, ya sea un grupo interdisciplinar o de una única asignatura. Debe durar unas 6 horas.

- **Evaluación de resultados.** Los alumnos compartirán sus resultados, en un formato escogido por el profesor o por los propios estudiantes, ante sus compañeros o el público al que inviten. Para esta etapa se necesitarán aproximadamente 2 horas.

Algunas opciones que se pueden realizar como fase de acción de un proyecto del Grupo 4 son: un trabajo de laboratorio, una contribución a un proyecto del colegio a largo plazo, el análisis de datos obtenidos de publicaciones científicas, industrias tecnológicas o informes gubernamentales, etc. (IBO, 2018b)

La evaluación del proyecto del Grupo 4 se realiza de forma interna en el centro. Su realización es obligatoria, si bien no es calificada en el Programa del Diploma del Bachillerato Internacional.

PARTE 2. DESARROLLO DE PROYECTOS

4 PROYECTO 1. ESTUDIO DE CERAS PARA ESQUIAR

Este primer proyecto se plantea como un proyecto del Grupo 4 del PD. Consiste en un trabajo STEM que utiliza la metodología de ABP en el cual, alumnos del primer curso del PD, realizarán un trabajo de investigación relacionado con la fricción de los esquís con la nieve.

Este proyecto se ha planteado de forma que se puedan realizar pruebas en las pistas de esquí, por lo que es conveniente realizarlo en un centro académico relativamente cercano a una estación de esquí o con posibilidad de hacer una estancia en las mismas. El público ideal es bastante específico, en concreto alumnos del primer curso del PD que se encuentran en programas de tecnificación de deportes de invierno. Estos entrenan por las mañanas y asisten a clase por las tardes. Dado que su actividad principal es el deporte, cualquier acercamiento de los estudios a esta actividad puede ser motivadora para los estudiantes.

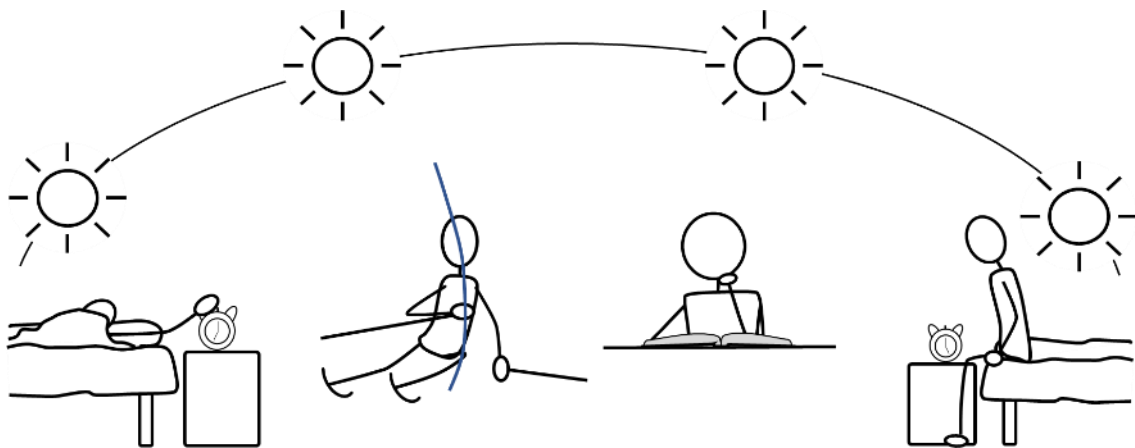


Fig. 4.1 Los estudiantes esquián por las mañanas y asisten a clase por las tardes

En España hay tres centros públicos que ofrecen el programa mencionado para deportistas de invierno, localizados en Jaca, Vielha y Sierra Nevada. Tienen alumnos de esquí alpino, esquí de fondo, *snowboard*, etc. Si bien ninguno de ellos es un centro IB, otros centros de diferentes países sí que podrían llevar a cabo este proyecto dentro del PD. A pesar de estas restricciones, este proyecto también pueden realizarlo alumnos o centros educativos que cursen o no el PD y tengan acceso a pistas de esquí.

4.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos generales de las asignaturas del Grupo 4 (ciencias) que se trabajan en este proyecto son:

6. Desarrollar habilidades de experimentación y de investigación científicas, incluido el uso de tecnologías actuales (IBO, 2018b).
7. Desarrollar las habilidades de comunicación del siglo XXI para aplicarlas al estudio de la ciencia (IBO, 2018b).
8. Tomar conciencia crítica, como ciudadanos del mundo, de las implicaciones éticas del uso de la ciencia y la tecnología (IBO, 2018b).
10. Desarrollar la comprensión de las relaciones entre las distintas disciplinas científicas y su influencia sobre otras áreas de conocimiento (IBO, 2018b).

El objetivo general de Matemáticas que se trabaja en este proyecto es:

6. Aplicar destrezas a distintas situaciones, a otras áreas de conocimiento y a futuros desarrollos (IBO, 2016b).

Como se indica en el apartado 4.6, este trabajo puede ser evaluado por diferentes asignaturas del bloque 4 (ciencias). En el caso de que este trabajo sea evaluado dentro de las asignaturas de Física, Química o Ciencias del Deporte, del Ejercicio y de la Salud, el objetivo que se trabaja en este proyecto es:

4. Demostrar las aptitudes de investigación, experimentación y personales necesarias para llevar a cabo investigaciones perspicaces y éticas (IBO, 2018b).

En el caso de que este trabajo sea evaluado a través de la asignatura de ciencias ambientales y sociedades, el objetivo que se trabaja en este proyecto es:

4. Abordar investigaciones de cuestiones ambientales y sociales a escala global mediante:
 - la evaluación de los contextos políticos, económicos y sociales de las distintas cuestiones,
 - la selección y aplicación de la investigación apropiada y de las habilidades prácticas necesarias para llevar a cabo las investigaciones y

- la propuesta de soluciones innovadoras y colaborativas que demuestren que se tiene conciencia y respeto por las diferencias culturales y los sistemas de valores de los demás (IBO, 2016a).

Además, en este proyecto se pretenden trabajar los siguientes atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB:

- Buenos comunicadores.
- Audaces.
- Informados e instruidos.
- Mentalidad abierta.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. ACTIVIDADES

El proyecto se estructura en tres etapas (planificación, acción y evaluación de resultados), a través de las cuales los estudiantes seguirán un proceso de investigación científica desde la generación de la idea hasta la difusión de resultados. Cada etapa cuenta con varias actividades.

Para una mejor comprensión del lector, algunas de las actividades que se explican a continuación se dividen en dos partes. En la primera se explica en qué consiste la actividad, siendo aplicable a cualquier proyecto que puedan plantear los estudiantes, mientras que en la segunda se desarrolla un proyecto a modo de ejemplo.

4.2.1 PLANIFICACIÓN

Actividad 1. Presentación del proyecto

Los profesores de las asignaturas del Grupo 4 (ciencias) plantearán a los alumnos el contexto del proyecto a través de una noticia reciente de un diario deportivo (Fig. 4.2). En ella se indica que, a partir de la temporada 2020-2021, se prohíbe la utilización de ceras fluoradas en las competiciones reguladas por la Federación Internacional de Esquí con el objetivo de evitar la contaminación que genera el flúor. Actualmente, las ceras que se aplican sobre las suelas de los esquís en competición son fluoradas, ya que son las que proporcionan un mayor deslizamiento del esquí sobre la nieve. Por lo tanto, el cambio de normativa obliga a todos los corredores a cambiar las ceras que utilizan.



Fig. 4.2 Noticia que da origen a los proyectos (Nevasport, 2019)

El cambio de normativa afecta directamente a los alumnos, generándoles incertidumbre sobre cuáles serán las mejores ceras que podrán utilizar la próxima temporada. Esto crea un contexto a partir del cual, los estudiantes, por grupos, deberán realizar un estudio que pueda ser útil a la hora de mejorar las ceras que se utilizan en esquí o definir la cera que más conviene utilizar en cada situación.

Tras situar el contexto, los profesores explicarán a los alumnos la forma en la que se va a trabajar en el proyecto, desde la generación de la pregunta de investigación hasta la actividad final, que consistirá en hacer una feria monográfica de la cera abierta al público.

Para la realización de los proyectos, los profesores formarán grupos de tres o cuatro estudiantes que cursen diferentes asignaturas del grupo de ciencias, teniendo además en cuenta su rendimiento académico y sus habilidades personales para que los grupos sean heterogéneos pero que sus miembros puedan trabajar adecuadamente.

Actividad 2. Búsqueda de la pregunta de investigación

Partiendo del contexto aportado por el profesor, cada grupo de alumnos creará una pregunta de investigación que le guiará durante todo el proyecto hacia el objetivo de la investigación. Estas preguntas deberán generar proyectos de investigación que cumplan los siguientes requisitos:

- Se pueden realizar en el tiempo previsto (ver temporalización en el apartado 4.3).
- Integran conocimientos de las asignaturas del bloque de ciencias que cursan los miembros de los grupos.
- Integran las cuatro disciplinas STEM.
- Resulta útil de cara a mejorar las ceras que se utilizan en esquí o definir la cera que más conviene utilizar en cada situación.

Antes de que los estudiantes realicen su pregunta de investigación, se hará una actividad para que estos conozcan cómo ha de ser una buena pregunta de investigación. En esta, el profesor dará a los alumnos una lista de preguntas de investigación en las que algunas están bien planteadas y otras no por motivos diferentes (Anexo 3). Los alumnos, ya trabajando en los grupos del proyecto, determinarán qué preguntas están bien y mal planteadas, indicando las razones por las cuales las segundas no son adecuadas. Tras unos minutos de trabajo, se corregirá el ejercicio.

Después de esta actividad, cada grupo tendrá que crear una o varias preguntas de investigación, que enviarán al profesor a través de la plataforma virtual para que este les proporcione *feedback* y puedan tener para la siguiente sesión una única pregunta adecuada para el proyecto.

Las preguntas que pueden realizar los alumnos son muy variadas. A continuación, se indican algunas que se pueden generar en este proyecto:

- ¿Qué diferencia de deslizamiento del esquí con la nieve existe según el esquí esté sin encerar, encerado con cera universal, encerado con cera no fluorada o encerado con cera ecológica?
- ¿Cómo cambia el coeficiente de fricción entre un esquí con la nieve según del contenido en flúor de la cera que se aplica en la suela?
- ¿Cuántos metros dura la disminución de fricción en el esquí de ceras no fluoradas blandas, medias y duras sobre nieve natural y artificial?
- ¿Cuál es la importancia relativa de la fricción del esquí con la nieve y del fenómeno de arrastre causado por la posición del esquiador en la fuerza de frenado al esquiar?
- ¿Qué diferencia de intensidad tiene el efecto electrostático en la fricción de los esquís con la nieve en ceras fluoradas y no fluoradas?

El grupo del proyecto desarrollado como ejemplo genera la pregunta “¿cuántos metros dura la disminución de fricción en el esquí de ceras no fluoradas blandas, medias y duras sobre nieve natural y artificial?”. Esta pregunta permite hacer un trabajo STEM uniendo cuatro asignaturas: Física, Química, Matemáticas y Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud.

Actividad 3. Diseño de ensayos

Tras decidir la pregunta que pretende responder cada grupo, los estudiantes diseñarán la investigación: variables, métodos de obtención de resultados, procesado y análisis de estos, recursos necesarios en cada etapa, etc.

Se destinarán dos sesiones al diseño de proyectos. En la primera, cada grupo diseñará su proyecto por separado, siempre bajo el asesoramiento y la supervisión de los profesores de ciencias. Los alumnos llevarán a cabo una búsqueda bibliográfica en los pasos que necesiten para apoyarse en ella.

La realización de pruebas y la recopilación de datos se podrá realizar en el aula o en las pistas de esquí. Para los grupos que no requieran de pruebas en pista, la segunda sesión de diseño servirá para continuar el trabajo de la sesión anterior. En cambio, los que necesiten realizar pruebas en las pistas de esquí se reunirán en la segunda sesión de diseño con un responsable de pistas de la estación de esquí más cercana. En esta reunión, definirán de forma detallada cómo se realizarán las pruebas y el material que necesitarán, estableciendo un máximo de dos mañanas de pruebas.

Antes de la reunión con el representante de la estación de esquí para los grupos que vayan a realizar pruebas en pistas o después de finalizar el diseño para los grupos que no, estos enviarán un borrador de la planificación a los profesores para que lo evalúen (sin calificar) y den *feedback* a los alumnos. De esta forma, los alumnos podrán aprender de sus errores y mejorarán su diseño de proyecto.

En el proyecto desarrollado como ejemplo, las variables dependientes e independientes son:

- Variables independientes: dureza de la cera, tipo de nieve.

- Variable dependiente: coeficiente de rozamiento.

Para la obtención de resultados, los alumnos deberán pensar cómo pueden llegar a los datos que necesitan (coeficientes de fricción) por medición directa o indirecta (medida de otras magnitudes y procesamiento de datos para calcular las deseadas).

La forma más adecuada de evaluar el coeficiente de fricción de los esquís con la nieve es mediante pruebas de deslizamiento en pistas. Buscando en bibliografía, los estudiantes probablemente lleguen a una prueba similar a la representada en la Fig. 4.3. En una pista de pendiente aproximadamente constante, un esquiador parte de un punto inicial sin velocidad. Midiendo el tiempo que tarda en llegar a diferentes posiciones y su velocidad en estos puntos, se obtienen datos a partir de los cuales se puede calcular la fricción de los esquís con la nieve. Aplicando ceras de diferente dureza en los esquís de las pruebas y haciendo las pruebas un día con nieve natural y otro con nieve artificial, puede responderse a la pregunta de investigación. Estas pruebas se realizarán durante dos mañanas en una pista de esquí reservada para las pruebas.

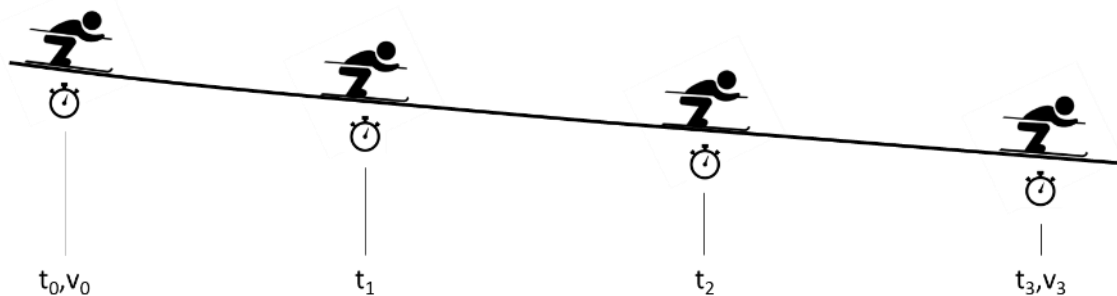


Fig. 4.3 Esquema de posible prueba de deslizamiento de esquí

Además de la metodología para realizar las pruebas, los alumnos determinarán el número de ceras que quieren aplicar a los esquís y el número de pruebas por cera para obtener resultados precisos. Para ello, deberán tener en cuenta el número de esquís disponibles de características similares y la opción de encerar en la propia pista de esquí. También deberán pensar el resto de material que necesitan, como cronómetros, vallas, programas informáticos, etc.

4.2.2 ACCIÓN

En la fase de acción, los alumnos, bajo la supervisión y el asesoramiento de los profesores, realizarán las actividades que han diseñado para sus proyectos.

Actividad 4. Pruebas de campo

Tras definir la forma en la que se realizarán las pruebas, se escogerán los días adecuados teniendo en cuenta el parte meteorológico y la disponibilidad de pistas. Estas pruebas se realizarán en un máximo de dos mañanas (aproximadamente tres horas cada mañana).

Los grupos que realicen pruebas en pistas, las harán bajo la supervisión del entrenador de los alumnos y de personal de la estación. Cada grupo seguirá los pasos definidos en la planificación, obteniendo los datos que necesite para su investigación. De igual forma, los grupos que realicen ensayos en el centro educativo, los harán bajo la supervisión de los profesores de ciencias.

Actividad 5. Procesado, análisis y discusión de resultados

Tras obtener datos de las pruebas de campo, cada grupo los procesará y los analizará, interpretará y evaluará. Para esta tarea se asignan dos horas de clase, teniendo que realizar el trabajo que no dé tiempo en casa.

El procesado de datos en el proyecto desarrollado como ejemplo se realiza desde la rama física de la dinámica. Esta aproximación requiere de la toma de tiempos intermedios además de una pista de pendiente constante para evitar complicar los cálculos.

Partiendo de los tiempos de paso y las velocidades medidas en puntos diferentes del recorrido, pueden representarse curvas de posición, $e(t)$, o de velocidad, $v(t)$, en función del tiempo. Derivando estas funciones (Ec. 4.1) se obtiene la función de aceleración en función del tiempo, $a(t)$.

$$a(t) = \frac{d}{dt} v(t) = \frac{d^2}{dt^2} e(t) \quad \text{Ec. 4.1}$$

La aceleración es una combinación de la gravedad, el rozamiento y el arrastre, según el diagrama de fuerzas de la Fig. 4.4. La componente de la fuerza gravitatoria paralela a la pista es constante y conocida al conocer la pendiente, la fuerza de rozamiento (F_r) es constante y desconocida, y el arrastre (F_a) es desconocido y dependiente del cuadrado de la velocidad.

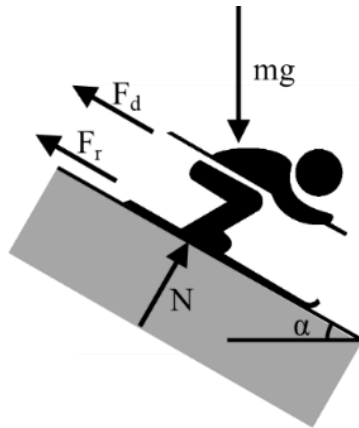


Fig. 4.4 Diagrama de fuerzas en la bajada del esquiador

A partir de las ecuaciones de la aceleración y la velocidad en función del tiempo, puede calcularse la aceleración con respecto a la velocidad, $a(v)$, como una ecuación cuadrática, y utilizando la segunda ley de Newton (Ec. 4.2) la fuerza con respecto a la velocidad.

$$F = ma \quad \text{Ec. 4.2}$$

$$F(v) = ma(v) = Av^2 + Bv + C \quad \text{Ec. 4.3}$$

El valor de la Ec. 4.3 cuando la velocidad es cero (C) corresponde con la diferencia entre la componente paralela a la pista de la fuerza gravitatoria y la fuerza de rozamiento (Ec. 4.4), y el resto de la ecuación corresponderá a la fuerza de arrastre. De la (Ec. 4.4) se puede calcular el coeficiente de rozamiento μ , único término desconocido.

$$F(v)_{v=0} = C = mg \cos \alpha - \mu N = mg \cos \alpha - \mu mg \sin \alpha \quad \text{Ec. 4.4}$$

Una vez determinados los coeficientes de rozamiento, los estudiantes realizarán el estudio estadístico en una hoja de cálculo para responder a la pregunta científica planteada al inicio del proyecto.

Actividad 6. Preparación de la memoria y la presentación

Cada grupo preparará en casa una memoria escrita del proyecto de investigación para entregar a los profesores y un soporte a su elección para exponer el proyecto en una feria monográfica que se realizará en el centro. Los docentes estarán disponibles para posibles dudas que puedan tener los alumnos al respecto.

La memoria escrita deberá contener la elección de la pregunta de investigación, el diseño de experimentos, la adquisición de datos, el procesamiento de los datos, el análisis de resultados, la reflexión sobre los resultados, una evaluación del proceso llevado a cabo

durante la investigación y una discusión sobre aplicaciones de los resultados obtenidos. Cada grupo realizará una memoria.

La exposición se realizará por grupos, teniendo que participar todos los alumnos. En esta se explicarán los objetivos del proyecto de investigación, las pruebas realizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones extraídas a partir de estos. El formato y el material de la presentación será a elección de los alumnos.

4.2.3 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Actividad 7. Feria de la cera

Los alumnos, con el apoyo de los profesores de las asignaturas de ciencias, organizarán una feria de la cera para exponer sus trabajos al resto de la clase y a público externo al centro educativo (esquiadores, padres y madres, entrenadores, marcas de esquís y ceras, talleres, etc.). Además de exponer los proyectos, podrán invitar a representantes de marcas o a profesionales del mantenimiento de esquís y tablas de *snowboard* para dar alguna charla o taller, poner stands o llevar a cabo las ideas que crean convenientes.

Para la preparación de la feria se reservará una hora de clase, y la extensión de la feria se ajustará al contenido de esta, si bien se estiman dos horas para llevarla a cabo.

Actividad 8. Reflexión

Después de finalizar los proyectos y realizar la feria, los alumnos rellenarán y entregarán individualmente al profesor de su asignatura del grupo de ciencias una reflexión guiada sobre el proyecto de investigación, de acuerdo con el formato del anexo 4.

4.3 TEMPORALIZACIÓN

El IB no indica el momento de realizar el proyecto del Grupo 4 (IBO, 2018b). No obstante, hay algunas restricciones que dificultan su realización en cualquier punto del PD. En primer lugar, los estudiantes deben tener un conocimiento previo del contenido de Física, Química, Matemáticas y Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud. Los contenidos de física que se trabajan en el proyecto se suelen impartir en la primera parte del primer curso del PD, pero los contenidos de Matemáticas se imparten a lo largo de todo el PD, los de Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud en la segunda mitad del

primer curso y los de Química en la primera mitad del segundo curso, aunque se pueden reorganizar.

En segundo lugar, los exámenes del IB se realizan aproximadamente en mayo del segundo año, por lo que no es conveniente acercar mucho los trabajos a estas fechas.

En tercer lugar, dado que los proyectos pueden requerir la realización de pruebas en pistas de esquí, la fase de acción tiene que estar comprendida entre los meses de diciembre y marzo.

Por todo ello, los dos mejores momentos para realizar este proyecto son en marzo-abril del primer año o en noviembre-diciembre del segundo año del PD. Se plantea el primero de estos dos periodos para la realización de este proyecto, de forma que el aprendizaje sobre metodologías de investigación les sirva a los estudiantes para hacer posteriormente la evaluación interna de sus asignaturas y la monografía. La Tabla 4.1, donde se muestra la temporalización de las actividades del proyecto, corresponde a un proyecto planificado en marzo-abril del primer año del PD.

Tabla 4.1 Temporalización de los proyectos

Fase	Actividad	Sesiones	Tiempo
Planificación	A1. Presentación del proyecto.	Semana 1, sesión 1	15 min.
	A2. Pregunta de investigación. - Explicación. - Actividad previa a la formulación de la pregunta de investigación - Formulación de la pregunta de investigación.	Semana 1, sesión 1	5 min.
		Semana 1, sesión 1	15 min.
		Semana 1, sesión 1	15 min.
A3. Diseño de ensayos. - Diseño de cada grupo. - Preparación con el representante de la estación de esquí.	Semana 1, sesión 2	50 min.	
	Semana 2, sesión 3	50 min.	
Acción	A4. Pruebas de campo.	Semana 3, sesión 4	3 h.
		Semana 3, sesión 5	3 h.
	A5. Procesado, análisis y discusión.	Semana 4, sesión 6	50 min.
Semana 4, sesión 7		50 min.	
A6. Preparación de memoria y presentación.	En casa		

Evaluación	A7. Preparación de la feria de la cera.	Semana 5, sesión 8	50 min.
	A8. Feria de la cera.	Semana 6, sesión 9	2 h.
	A9. Reflexión	En casa	

4.4 CONTENIDOS

Los contenidos de las diferentes asignaturas que se trabajan en el proyecto desarrollado como ejemplo se indican en el anexo 1 Las asignaturas que se pueden incluir dentro del proyecto se indican en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Asignaturas que se pueden trabajar en el marco del proyecto

1º de bachillerato (RD1105/2014)	Bachillerato Internacional (IBO, 2016c, 2016b, 2018c, 2018b, 2018a)
<ul style="list-style-type: none"> - Física y química. - Matemáticas. - Lengua castellana y literatura. - Lengua extranjera. 	<ul style="list-style-type: none"> - Física NM (nivel medio) o NS (nivel superior). - Química NM o NS. - Ciencias del deporte, el Ejercicio y la Salud NS. - Sistemas ambientales y sociedades. - Matemáticas NM o NS.

4.5 RECURSOS

Para la realización del proyecto, se utilizarán los siguientes recursos educativos:

- Noticia de situación del contexto (actividad 1, Fig. 4.2).
- Ficha para la actividad de preguntas científicas (actividad 2, anexo 3).
- Ficha de reflexión del proyecto (actividad 9, anexo 4).
- Rúbricas de evaluación (anexo 2).

Los recursos materiales necesarios para cada una de las etapas del proyecto se indican en la Tabla 4.3. En ella se hace referencia al uso de ordenadores. Si los estudiantes tienen ordenadores para el día a día de las clases, utilizarán estos ordenadores, En caso contrario, se les permitirá hacer el diseño de ensayos y el procesamiento de datos en una sala de ordenadores del centro educativo.

Por otra parte, los proyectos requerirán del uso de ceras de esquí que suponen cierto gasto económico y que no dispondrá el centro educativo. Los alumnos buscarán un patrocinador

(marcas de ceras, talleres, etc.) que les proporcione las ceras que necesiten para el proyecto. En caso contrario, será el centro el que proporcione las ceras en función de los requerimientos de los proyectos.

Tabla 4.3 Recursos necesarios en las diferentes etapas del proyecto (para el proyecto desarrollado como ejemplo)

	Recursos	Responsable
Trabajo en el aula	Pizarra, rotuladores, proyector, ordenador de aula, papel, bolígrafos.	Centro educativo
	Ordenador de alumno.	Alumnos
Pruebas en pista	Reserva de pista, cronómetros/radares, plumeros, taladro, metro 30m, material de reparación de esquís/tablas.	Entrenador
	Vallas, taladro, máquina pisanieves, pintura para nieve.	Responsable de la estación
	Esquís/tablas, material de esquí/snowboard, ceras, cuaderno, bolígrafo.	Alumnos
Feria	Pizarra, rotuladores, proyector, ordenador de aula, mesas, sillas, papel, bolígrafos.	Centro educativo

En cuanto a las horas lectivas utilizadas para hacer el proyecto del Grupo 4, las asignaturas del módulo de ciencias cuentan con 10 horas planificadas para realizar este trabajo. El resto de las horas lectivas que se utilicen, hasta completar las 14 horas programadas, se descontarán de las horas de actividades prácticas de las asignaturas de ciencias.

4.6 EVALUACIÓN

A lo largo del proyecto se realizará evaluación formativa y sumativa. La evaluación formativa la realizarán todos los profesores de ciencias. Esto incluye la evaluación de dos documentos que los alumnos envían a los profesores en la etapa de planificación del proyecto: la propuesta de pregunta de investigación y el borrador de diseño del proyecto. Los profesores les entregarán a los grupos de estudiantes una evaluación no calificativa que les permita a los alumnos aprender y mejorar sus trabajos. Por otra parte, a lo largo de todo el proyecto los profesores estarán disponibles y atentos para guiar a los grupos en las dudas o las dificultades que se encuentren en cada paso del proyecto.

La evaluación sumativa de cada alumno la realizará el profesor de su asignatura de ciencias, incorporando la calificación final a la nota de la asignatura en el curso correspondiente. En el caso de que un alumno esté cursando dos asignaturas de ciencias, la calificación del trabajo se incorporará a la asignatura que más se haya trabajado en el trabajo. Si no se ha trabajado una asignatura más que la otra, los profesores de ambas se pondrán de acuerdo para decidir cuál de los dos incorpora el trabajo del Grupo 4 a su calificación del curso.

La evaluación sumativa se realizará a partir de una memoria escrita del proceso de investigación, de la presentación realizada en la feria de la cera y de la reflexión escrita entregada al finalizar el proyecto. La distribución de estas calificaciones dentro de la nota del proyecto es la siguiente:

- Memoria escrita: 60 %
- Presentación: 20 %
- Reflexión: 20 %

La memoria, de un máximo de 4000 palabras de extensión, deberá contener la elección de la pregunta de investigación, el diseño de experimentos, la adquisición de datos, el procesamiento de los datos, el análisis de resultados, la reflexión sobre los resultados, una evaluación del proceso llevado a cabo durante la investigación y una discusión sobre aplicaciones de los resultados obtenidos. Cada grupo realizará una memoria, que se evaluará según la “Rúbrica de calificación de las memorias escritas” del anexo 2. El objetivo de este documento es evaluar las habilidades científicas de cada grupo y cada uno de los pasos llevados a cabo en la investigación, así como el aprendizaje conceptual de los estudiantes.

La presentación del proyecto se realizará por grupos en la feria de la cera, y se utilizará para evaluar las habilidades de comunicación y síntesis. En esta se explicarán los objetivos del proyecto de investigación, las pruebas realizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones extraídas a partir de estos. La exposición durará 10 minutos, se realizará por grupos y cada uno escogerá el material que prefiera para apoyarse en él. Se evaluará con la “Rúbrica de calificación de presentaciones” del anexo 2.

Por su parte, la reflexión individual realizada tras finalizar el proyecto se evalúa con la plantilla “Rúbrica de calificación de la reflexión” del anexo 2. Esta rúbrica tiene en cuenta la capacidad de reflexión de cada alumno, el pensamiento crítico, la conciencia sobre las

implicaciones éticas de la ciencia y la tecnología y la unión de conceptos de diferentes disciplinas.

4.7 ANÁLISIS DEL PROYECTO

En este apartado se realiza un análisis del proyecto desde los puntos de vista de la educación STEM, el Aprendizaje Basado en Proyectos y el Bachillerato Internacional, destacando los aspectos más relevantes. El análisis se realiza sobre el proyecto que se ha seguido como ejemplo, ya que de otra forma quedaría limitado en algunos aspectos referidos a la educación STEM.

4.7.1 DESDE LA EDUCACIÓN STEM

En este proyecto se trabajan, en mayor o menor medida, las cuatro disciplinas STEM. Partiendo de un problema del ámbito ingenieril, como es la necesidad de cambiar las ceras que se utilizan en la competición en deportes de invierno, se genera una pregunta de investigación que lleva a hacer un estudio científico, y a lo largo del estudio se crea la necesidad de utilizar las matemáticas y la tecnología para su resolución. La disciplina dominante es la ciencia, pero partiendo de ella **se integran las cuatro disciplinas STEM**.

La ciencia está presente como estructura del proyecto. A lo largo de este, los estudiantes aprenden a aplicar el método científico y se familiarizan con la búsqueda de problemas científicos, el diseño de experimentos, la discusión de resultados o la divulgación científica.

La tecnología aparece como una herramienta que utilizan los estudiantes tanto en la realización de pruebas como en el procesado de datos. Para tomar medidas en las pruebas, los estudiantes tienen que utilizar cronómetros, radares, altímetros o sistemas de posicionamiento por satélite. Para el procesamiento de datos y la obtención de resultados, los alumnos utilizan hojas de cálculo, en las que podrán determinar el coeficiente de rozamiento de los esquís con la nieve.

En tercer lugar, **las matemáticas tienen un papel muy importante en el procesado de datos para la obtención de resultados.** Lejos de hacer un mero análisis estadístico de datos, los alumnos tienen que aplicar conceptos de geometría, estadística y análisis para llegar a los resultados de coeficiente de rozamiento.

Por su parte, **la ingeniería**, si bien tiene un papel inferior al resto de las disciplinas en lo que a la ejecución del proyecto se refiere, **marca el contexto y el fin de la investigación realizada**. La búsqueda de ceras adecuadas, ahora que no se van a poder utilizar ceras fluoradas, constituye un problema de ingeniería, el cual se aborda de una forma muy científica. Además, es la ingeniería la que hace que el contexto de la investigación sea real y cercano a los estudiantes.

Esta situación del proyecto en un **contexto real** es lo primero que realizan los docentes, utilizando la noticia del diario deportivo como desencadenante del problema. El uso de ceras en competiciones de deportes de invierno como el esquí alpino, el *snowboard* o el esquí de fondo es, además, muy **cercano y motivador** para deportistas de estas disciplinas, puesto que es un aspecto esencial para mejorar su rendimiento en las competiciones.

El segundo paso que se lleva a cabo en el proyecto, tras la explicación de este a los estudiantes, es la división de la clase en grupos que cursan diferentes asignaturas del bloque de ciencias y que tienen habilidades personales y de trabajo diferentes. Esto obliga a **trabajar** durante todo el proyecto **en equipo y de forma cooperativa**, ya que cada miembro del grupo es especialista en una disciplina diferente y tiene mucho que aportar en un proyecto interdisciplinar como el puesto a modo de ejemplo, que requiere de conocimientos de matemáticas, física, química y ciencias del deporte.

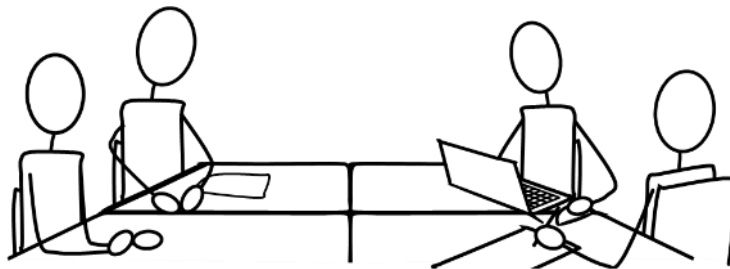


Fig. 4.5 Los estudiantes trabajan en grupo durante todo el proyecto

Pero, además de la colaboración dentro del grupo y el asesoramiento de los profesores, los estudiantes tienen que coordinarse con el personal de la estación de esquí para llevar a cabo las pruebas en pistas. También tienen que exponer su trabajo ante un público que ellos deciden y que puede ser externo al centro educativo, incluso tienen que buscarse un patrocinio de ceras y pueden pedir la colaboración de profesionales del esquí para la feria de la cera. Con todas estas acciones, los alumnos desarrollan sus habilidades sociales y

comunicativas, **generando una comunidad de aprendizaje** que va más allá de los límites que marca las paredes del centro educativo.

Estas habilidades no les van a ser útiles únicamente en su vida académica, también en su futuro profesional y en la vida misma. En este sentido, en el proyecto no trabajan únicamente las habilidades sociales, también otras de las llamadas habilidades para el siglo XXI: la resolución de problemas en el diseño del proceso de investigación, la flexibilidad al tener que ponerse de acuerdo entre grupos y con el responsable de pistas de la estación, o la alfabetización informacional. Este último aspecto se trabaja en el diseño del proceso de investigación y en la discusión de resultados, ya que deberán hacer una búsqueda bibliográfica para informarse sobre determinados aspectos que les sirvan de apoyo o de generador de ideas.

La enseñanza en este proyecto también es personalizada, lo que se consigue mediante la dotación de poder de decisión a los estudiantes. Cada grupo decide su propia pregunta de investigación dentro de sus intereses y unas pautas indicadas por el profesor, hace el proyecto conforme a las decisiones que va tomando e incluso puede escoger la forma en la que realiza su exposición en la feria de la cera, que organizan los propios estudiantes. Esto hace que **cada estudiante se sienta dueño de su proyecto**. Por otra parte, no se realizan acciones particulares para ayudar a los grupos menos representados, como mujeres o inmigrantes, pero dada la libertad que tienen a la hora de escoger la pregunta de investigación, pueden enfocar el proyecto en la línea que les resulte más motivadora.

4.7.2 DESDE EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

El uso del Aprendizaje Basado en Procesos es algo habitual en educación STEM y, si bien no se han tomado todas sus características para este proyecto, la visión general resulta muy adecuada para el proyecto del Grupo 4.

Como se ha indicado en el apartado anterior, desde el inicio del proyecto este se sitúa en un contexto real y cercano para los estudiantes. Además, cada grupo de estudiantes genera en la primera sesión su **pregunta guía** o pregunta de investigación, la cual ayuda a que los alumnos sigan un camino establecido a lo largo de todo el proyecto.

Las características relacionadas con el propósito educativo del ABP se han tomado de forma parcial. Con respecto a los contenidos, el proyecto sí se utiliza para construir nuevo

conocimiento del currículo del IB. Sin embargo, no es contenido del temario de las asignaturas de ciencias o de Matemáticas. En el PD del IB se espera que **los alumnos aprendan a realizar una investigación científica**, que es uno de los objetivos del proyecto del Grupo 4. Este es el nuevo conocimiento que los alumnos generan durante el proyecto. Los contenidos de las asignaturas de Matemáticas, Química, Física o Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud que se utilizan ya se han impartido previamente, por lo que en este proyecto se integran y se profundiza sobre ellos.

Este nuevo contenido referido a la investigación y al método científico es el que se evalúa, además de otras habilidades como las comunicativas o de pensamiento. Por tanto, **se le da importancia tanto a la adquisición de nuevos conocimientos como al trabajo de habilidades. Los alumnos reciben evaluación formativa** mediante la entrega de una propuesta de pregunta de investigación y un borrador de diseño del proceso de investigación y mediante el apoyo continuo de los profesores, que actúan como guías en el proyecto. **También reciben evaluación sumativa** a través de la memoria escrita, la exposición del proyecto y la reflexión final.

Los estudiantes son, en todo momento, el centro del proceso del aprendizaje. Son ellos los que deciden la temática de su investigación y diseñan sus propios proyectos, teniendo alto poder de opinión y decisión, lo que es esencial en el ABP. El trabajo es en todo momento por equipos, y tienen que colaborar con agentes externos al centro educativo: el responsable de pistas, el patrocinador de ceras o los asistentes a la feria de la cera.

Para captar la atención de los alumnos se realiza, más que una actividad inicial dinámica que les genere interés, **una contextualización en un entorno que les es muy cercano** y que les puede afectar directamente de cara a su rendimiento deportivo, que es la prioridad número uno de los estudiantes. Se espera que, a través de esto, los estudiantes se impliquen en el proyecto.

La feria de la cera, como actividad de cierre del proyecto, también se espera que genere implicación en los alumnos. Son ellos los que organizan la feria, y la iniciativa que tengan en su organización marcará en gran medida la motivación de los estudiantes a lo largo del proyecto, que se espera alta. Posteriormente a la actividad de cierre, **los alumnos tienen que realizar una reflexión** para evaluar, entre otras cosas, lo que ha ido

bien y mal en el proyecto, las implicaciones que este puede tener o para que aporten sus propias reflexiones.

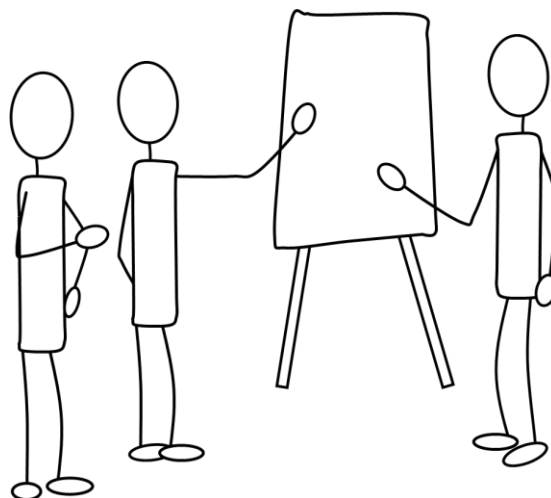


Fig. 4.6 En la feria de la cera, los estudiantes explicarán al público asistente sus estudios y descubrimientos

4.7.3 DESDE EL BACHILLERATO INTERNACIONAL

El proyecto desarrollado se trabaja partiendo de los cuatro pilares fundamentales del IB: la mentalidad internacional, el perfil de la comunidad de aprendizaje, el currículo y los enfoques de la enseñanza y el aprendizaje.

La **mentalidad internacional** se puede observar al inicio y al final del proyecto. La **contextualización** parte de un cambio de normativa de la Federación Internacional de Esquí, que afecta a los alumnos como deportistas que son, pero también a deportistas de todo el mundo. En la **reflexión final**, los estudiantes deben considerar las implicaciones de la investigación realizada en un ámbito local y en un ámbito mundial.

En referencia al perfil de aprendizaje, este proyecto se centra en el trabajo de cuatro de los diez atributos: buenos comunicadores, informados e instruidos, audaces y mentalidad abierta. Otros atributos también se encuentran presentes, pero el mayor énfasis se pretende dar en estos cuatro.

A lo largo del proyecto están muy presentes las habilidades sociales y comunicativas de los estudiantes: trabajando en equipos, llegando a acuerdos con el representante de la estación, analizando el trabajo con el profesor, buscando patrocinio o asistentes a la feria de la cera y exponiendo en dicha feria. Todo esto trabaja el atributo de **buenos comunicadores**.

Los estudiantes también tienen que ser **audaces**. Como probablemente sea el primer proyecto de estas características que realicen, se encontrarán en situaciones nuevas que se salen de su zona de confort, y deberán salir de ellas de forma autónoma y colaborativa, mostrando ingenio y determinación.

El trabajo de integración de las disciplinas STEM y de diferentes ramas de la ciencia forma estudiantes **informados e instruidos**. Por un lado, les hace conectar conocimientos propios de disciplinas diferentes, y por otro, entender conceptos desde diferentes puntos de vista.

La **mentalidad abierta** se trabaja, fundamentalmente, en la contextualización del proyecto) y en la reflexión. La prohibición de las ceras fluoradas en competiciones de deportes de invierno genera una reflexión sobre nuestras culturas y nuestros valores, y nos ayuda a enfocar el problema desde diferentes puntos de vista (ecologismo vs. rendimiento).

El tercer pilar del IB es el currículo, y este se concreta en el punto en el que se enmarca el proyecto, como proyecto del Grupo 4 dentro del Programa del diploma.

Con respecto a los **enfoques de la enseñanza y el aprendizaje**, este proyecto permite trabajar la mayor parte de ellos.

Como proyecto de investigación que es, la **enseñanza está basada en la investigación**. Si bien los conceptos clave ya son conocidos por los alumnos, estos se afianzan y se aprende a realizar una investigación científica. La **comprensión conceptual** posiblemente sea el enfoque de enseñanza menos evidente, pero también está presente, ya que los estudiantes deben comprender conceptos clave para profundizar sobre ellos y conectar disciplinas: fricción, polímeros, hidrofobia, etc. Es más evidente que el proyecto se desarrolla en **contextos locales y globales**, ya que el proyecto es muy cercano a la práctica deportiva de los estudiantes y pueden asociar lo académico con lo deportivo. Otra parte a la que se le ha dado mucha importancia en el proyecto es **al trabajo en equipo y la colaboración eficaz**, desde la primera sesión hasta la feria final. **La enseñanza también está guiada por la evaluación**, ya que el trabajo que realizan está marcado por la memoria, la presentación y la reflexión que tendrán que hacer, y la evaluación de la memoria está dirigida a “entrenar” para la evaluación interna de ciencias y la monografía del PD. Como último enfoque de enseñanza, el proyecto está **diseñado para eliminar las barreras de aprendizaje**, lo que se consigue mediante el poder que tienen los alumnos

de elección a lo largo de todo el proyecto. Esto les permite establecer objetivos adecuados y personales para cada grupo, grupos en los que cada miembro es especialista en una materia por la asignatura del bloque de ciencias que cursa.

La mayor parte de los enfoques de aprendizaje también están presentes en el proyecto. Los docentes son facilitadores de conocimiento que guían a los alumnos estimulando el análisis, el pensamiento crítico y el pensamiento ético, fomentando las **habilidades de pensamiento**. Las **habilidades de investigación** también están muy presentes, ya que el trabajo realizado es una investigación científica, al igual que las **habilidades sociales y de comunicación** por las permanentes interacciones de los alumnos con personas de dentro y de fuera del centro educativo. Ciertas **habilidades de autogestión** son necesarias para la organización del proyecto, si bien es cierto que este enfoque de aprendizaje no se trabaja de forma específica.

Dejando aparte los cuatro pilares del IB, un aspecto de gran importancia en los programas educativos de esta organización es la **diversidad en el aprendizaje** de los alumnos y la adaptación de las actividades a esta diversidad. Para ello, el IB indica cuatro principios de buenas prácticas. El primero es la **afirmación de la identidad y el desarrollo de la autoestima**. El poder de decisión de los alumnos ayuda mucho en este aspecto, ya que cada grupo puede formular su pregunta de investigación, diseñar el proyecto o escoger el formato de presentación en la feria de acuerdo con sus preferencias. Además, para que todos los miembros del grupo tengan algo que aportar, cada uno es experto en un área dentro de su grupo.

Esto último afecta directamente a los **conocimientos previos**, que cambian para cada alumno de un grupo. Cada integrante de un grupo deberá ser responsable de que el resto aprenda los conocimientos necesarios de la materia en la que es experto. Por otra parte, en referencia a las habilidades de investigación, se trabajan conocimientos previos de la generación de preguntas de investigación en la primera sesión, a modo de calentamiento, antes de formular la pregunta que guiará cada proyecto.

El **andamiaje** lo proporcionan los docentes, que actúan como guías a lo largo de los proyectos. Apoyan a los alumnos en sus dificultades y en función de la problemática con la que se encuentren, adaptándose a las necesidades de andamiaje de cada grupo y alumno. Debe tenerse en cuenta que, si el proyecto se realiza en marzo-abril del primer año del PD y antes de hacer la evaluación interna de ciencias y la monografía, los alumnos

necesitarán más andamiaje que si el proyecto se realiza en noviembre-diciembre del segundo año tras haber realizado los dos trabajos mencionados.

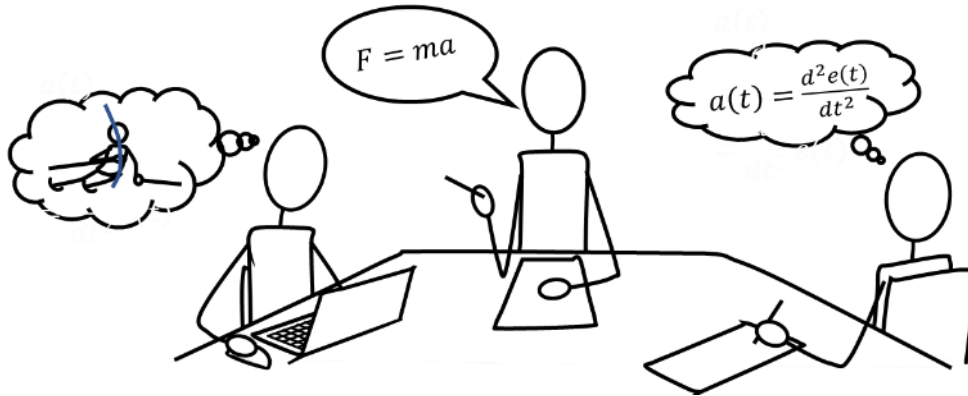


Fig. 4.7 Cada alumno es especialista en su materia, y deberá colaborar con el resto par sacar el máximo rendimiento al proyecto

En cuarto lugar, durante el proyecto **los alumnos van ampliando el aprendizaje**, profundizando en conocimientos relativos a diferentes materias, interrelacionándolas entre sí y con el mundo real y ganando habilidades científicas.

Por último, ya respecto al proyecto del Grupo 4, el desarrollo de este y la evaluación permiten cumplir todos los **objetivos** planteados al inicio del proyecto, especialmente los tres que deben incluirse obligatoriamente (objetivos generales 7, 8, y 10 de las asignaturas del grupo de ciencias). El proyecto sigue las tres **etapas** indicadas por el IB (planificación, acción y evaluación de resultados), y **parte de una pregunta de indagación abierta** (mediante la contextualización) a partir de la cual los estudiantes definen la dirección de sus propios proyectos generando preguntas de investigación propias.

5 PROYECTO 2. EL ROZAMIENTO Y EL BOTE DE LA PELOTAS DE TENIS

El segundo proyecto se enmarca en la evaluación interna de la asignatura de Física del PD. En este, un estudiante que cursa el primer o segundo año del PD aplicará las cuatro disciplinas STEM y aspectos del ABP al estudiar cómo la fricción de la pista afecta al bote de las pelotas de tenis.

Por los requisitos que marca el IB en la evaluación interna de la asignatura de Física, el trabajo consiste en una investigación individual en la que el estudiante profundiza sobre un asunto relacionado con la física que se imparte en el PD (IBO, 2018b).

5.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos generales de las asignaturas del grupo de ciencias que se trabajan en este proyecto son (IBO, 2018b):

1. Apreciar el estudio científico y la creatividad dentro de un contexto global mediante oportunidades que los estimulen y los desafíen intelectualmente.
2. Adquirir un cuerpo de conocimientos, métodos y técnicas propios de la ciencia y la tecnología.
3. Aplicar y utilizar un cuerpo de conocimientos, métodos y técnicas propios de la ciencia y la tecnología.
4. Desarrollar la capacidad de analizar, evaluar y sintetizar la información científica.
6. Desarrollar habilidades de experimentación y de investigación científicas, incluido el uso de tecnologías actuales.

En referencia a los objetivos de evaluación de la asignatura de Física, el proyecto de evaluación interna comprende los siguientes:

1. Demostrar conocimiento y comprensión de
 - hechos, conceptos y terminología,
 - metodologías y técnicas y
 - cómo comunicar la información científica (IBO, 2018b).

2. Aplicar
 - hechos, conceptos y terminología,
 - metodologías y técnicas y
 - métodos de comunicar la información científica (IBO, 2018b).
3. Formular, analizar y evaluar
 - hipótesis, problemas de investigación y predicciones,
 - metodologías y técnicas,
 - datos primarios y secundarios y
 - explicaciones científicas (IBO, 2018b).
4. Demostrar las aptitudes de investigación, experimentación y personales necesarias para llevar a cabo investigaciones perspicaces y éticas (IBO, 2018b).

Por otra parte, este proyecto se ha estructurado para trabajar los siguientes atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB:

- Indagadores.
- Informados e instruidos.
- Pensadores.
- Audaces.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. ACTIVIDADES

La evaluación interna de Física no la realizan todos los estudiantes al mismo tiempo, sino en el momento del PD que cada alumno y su profesor consideren más oportuno. Por ello este proyecto se ha diseñado para realizarlo fuera de horas de clase (ver apartado 5.3).

En este proyecto, es el estudiante el que tiene que dirigir su propio aprendizaje, por lo que se le da mucha importancia al poder de decisión del alumno sobre el proyecto realizado. Por ello, la temática del proyecto puede cambiar en gran medida dependiendo de los intereses del estudiante. En este documento se explica una metodología general de gestión de proyectos STEM en la evaluación interna de Física y se desarrolla un proyecto como ejemplo hacia el cual se le puede guiar a un alumno que le genere interés el tema tratado.

Por esta razón, la redacción de algunos pasos de este apartado se divide en dos partes. En la primera se explica en qué consiste la actividad, siendo aplicable a cualquier proyecto

que puedan plantear los estudiantes, mientras que en la segunda se desarrolla un proyecto a modo de ejemplo.

La división se realiza en pasos y no en actividades porque en este proyecto no se estructuran sesiones para realizar con toda la clase, sino que es el propio estudiante el que se organiza los pasos que tiene que ir dando en el proyecto para alcanzar los objetivos con el apoyo del profesor de física.

Paso 1. Búsqueda de la pregunta de investigación

El profesor de física se reunirá a con el alumno para determinar la temática de la evaluación interna de Física. En algunos casos, los estudiantes tienen una temática o incluso una pregunta de investigación clara, pero en otros necesitan cierto asesoramiento en la etapa inicial del proyecto. Este diseño está preparado para el segundo tipo de alumnos mencionado.

El profesor puede proponer al alumno que realice un trabajo STEM sobre cómo la fricción afecta a actividades que son cercanas o de interés para el alumno. Este último puede estar interesado en las tecnologías industriales, puede hacer deportes en los que la fricción juegue un papel importante, o puede tener inquietudes o curiosidades personales relacionadas con el tema.

En esta reunión, a través de una conversación entre el profesor y el alumno, se busca incidir sobre la curiosidad del alumno y sus intereses personales para que el proyecto sea propio del alumno y le genere interés.

Una vez enfocado el proyecto, el alumno deberá generar por su cuenta la pregunta de investigación que guiará su trabajo y entregársela al profesor para que le dé *feedback* sobre ella. Los requisitos que tiene que cumplir el proyecto que parte de la pregunta de investigación son:

- Se puede realizar en aproximadamente 10 horas.
- Profundiza sobre conceptos de dinámica y fricción.
- Integra las cuatro disciplinas STEM.
- Se aplica en un contexto real.
- Es de interés para el alumno.

Bajo estos requisitos y dependiendo de los intereses del estudiante, algunas preguntas de investigación podrían ser:

- ¿Qué relación guarda la presión aplicada entre dos barras de acero con el tiempo que tardan en soldarse por fricción?
- ¿Qué variación experimenta el coeficiente de fricción estático y dinámico al deslizar una piel de foca sobre el hielo dependiendo del ángulo de los pelos con respecto a la pendiente?
- ¿Cuánto aumenta el coeficiente de fricción estático y dinámico del calzado sobre el hielo al utilizar calcetines o cadenas por encima del calzado?
- ¿Qué grado de inclinación puedo conseguir con una bicicleta de carretera según lo mojado que esté el asfalto antes de patinar?
- ¿Cómo influye el tamaño de los tacos de las zapatillas en el rozamiento cuando el suelo está mojado?
- ¿Cómo cambia el bote de una pelota de tenis dependiendo de la fricción que tiene con diferentes tipos de pista?

Tras la sesión inicial, el estudiante del proyecto desarrollado como ejemplo ha propuesto la pregunta de investigación “¿Cómo cambia el bote de una pelota de tenis dependiendo de la fricción que tiene con diferentes tipos de pista?”.

Los partidos de tenis pueden jugarse en tres pistas diferentes: hierba, tierra batida o pista dura. Es sabido que la pelota bota diferente dependiendo de la superficie Fig. 5.1, y parece que uno de los factores es la fricción entre la pelota y la pista. El estudiante estudiará cómo cambia el bote al modificar la superficie, y determinará cual es la relación de estos cambios con el coeficiente de fricción mencionado.

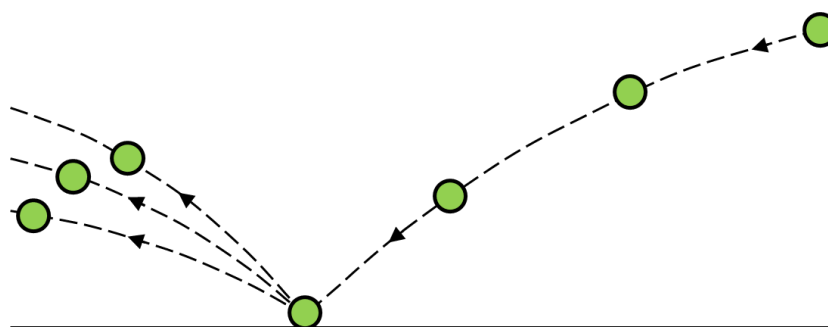


Fig. 5.1 La pelota bota diferente dependiendo de la pista

Paso 2. Diseño del proyecto

Conocida la pregunta de investigación, el estudiante debe diseñar las pruebas a realizar para obtener resultados que respondan a la pregunta de investigación. Mediante una búsqueda bibliográfica, determinará las variables que necesita y cómo puede llegar a ellas a través de pruebas en laboratorio, pruebas de campo, búsquedas en bases de datos, etc.

Dependiendo de las pruebas que necesite hacer, el estudiante deberá pensar los recursos que necesita: equipos de medida, utillaje, *software* de simulación, etc. Antes de pasar al siguiente paso, tendrá que asegurarse de que puede conseguir todo el material que utiliza.

Además de los procedimientos y los recursos, debe establecerse el número de variables que se van a modificar en las pruebas y el número de repeticiones por prueba. A lo largo de este proceso, el alumno tendrá el apoyo del profesor de física, que le guiará cuando necesite ayuda.

Para poder responder a la pregunta de investigación, el alumno realizará una búsqueda bibliográfica para determinar las variables que necesita obtener. En este caso, las variables dependientes, independientes y controladas que se tienen que calcular son:

- Variables independientes: coeficiente de rozamiento estático y dinámico entre la pista y la pelota.
- Variable dependiente: vector de velocidad de la pelota tras el bote.
- Variable controlada: vector de velocidad de la pelota antes del bote.

La realización de las pruebas requiere de la utilización de superficies diferentes de ensayo. Si el alumno tiene acceso a pistas de tenis de tierra batida, hierba y pista dura o suelos similares, utilizará como mínimo estas superficies. Además, podrá añadir otras como suelos de cerámica, parqué, asfalto, cemento, etc. Si el estudiante no tiene acceso a diferentes pistas de tenis ni suelos similares, tendrá que hacer las pruebas sobre las superficies que disponga.

Una vez escogidas las superficies, el estudiante definirá dos pruebas: una para medir el coeficiente de rozamiento y otra para evaluar las velocidades en el bote.

La medición del coeficiente de rozamiento estático y dinámico entre las pelotas de tenis y el suelo puede realizarse de muchas maneras. El estudiante desarrollará una partiendo

Proyecto 2. El rozamiento y el bote de la pelotas de tenis

de una revisión bibliográfica y sus ideas de diseño. Esta puede ser la construcción de un carro que se apoye en el suelo con pelotas de tenis y que mida la fuerza realizada al tirar de él (Fig. 5.2). La medición del coeficiente de rozamiento estático puede realizarse, partiendo del carro sin velocidad y tirando de la cuerda con fuerza incremental hasta que comienza a deslizar. El valor del dinamómetro cuando esto ocurre corresponderá con la fuerza de rozamiento estática. La medición del coeficiente de rozamiento dinámico puede hacerse arrastrando el carro a una velocidad constante y predefinida y midiendo el valor del dinamómetro. En ambos ensayos, habrá que ajustar el peso del carro para que cada pelota soporte una fuerza vertical similar a la que experimenta al botar tras un golpe de tenis.

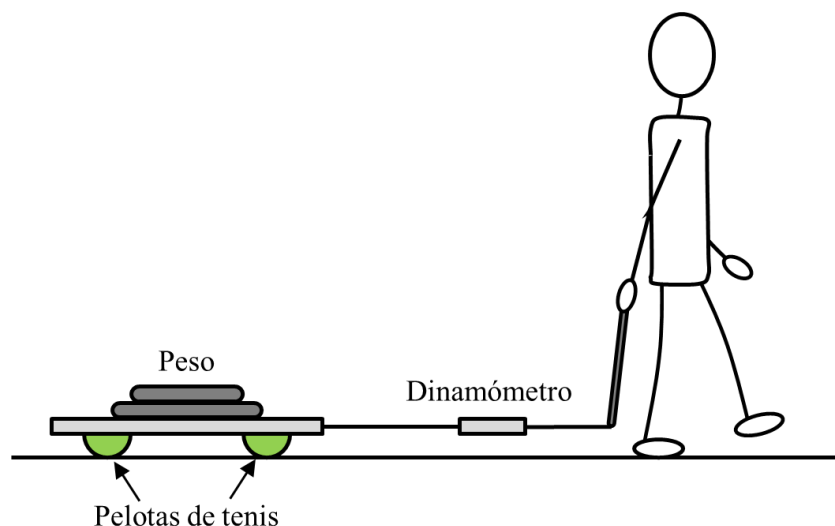


Fig. 5.2 Esquema de posible prueba de medición del rozamiento entre las pelotas de tenis y el suelo

La medición de las velocidades antes y después del bote requiere de un ensayo diferente. Este se puede realizar de muchas maneras, el esquema de la Fig. 5.3 representa una de ellas. Marcando en el suelo la posición de tiro y el punto donde debe botar, el estudiante puede lanzar repetidamente la pelota y grabarlo con una cámara. A partir del vídeo se calculará el vector de velocidad de la pelota antes y después del bote. Como la velocidad con la que el estudiante lanza la pelota no es siempre la misma, tendrá que hacer un número alto de lanzamientos para poder estudiar únicamente los que se hayan realizado a una velocidad similar (tanto en los ensayos realizados sobre una superficie como entre superficies).

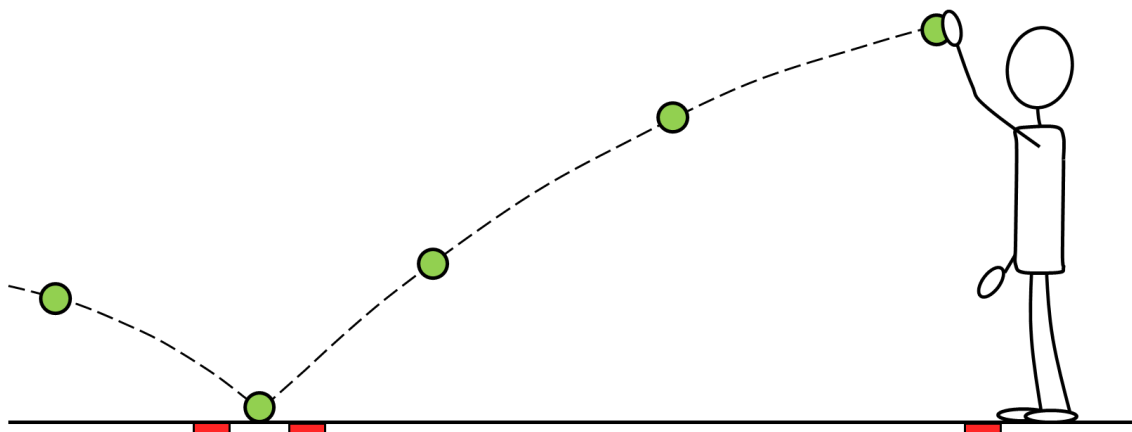


Fig. 5.3 Esquema de posible prueba de medición de velocidades en el bote

El número de ensayos a realizar es muy importante, y depende de la repetitividad de la prueba. La prueba de medición de las fuerzas de rozamiento tiene una repetibilidad alta porque no hay muchos factores que puedan alterarlas, así que no es necesario repetir el ensayo un número alto de veces (se pueden hacer 5 repeticiones). Sin embargo, la repetitividad de la prueba de lanzamiento de pelota es baja porque la velocidad con la que el estudiante lanza la pelota cambia. Idealmente, un “lanzapelotas” haría que esta repetibilidad fuera mucho más elevada, pero es complicado que se disponga de un equipo como este. Por tanto, será necesario lanzar un número alto de veces la pelota y estudiar únicamente los lanzamientos que se han hecho a una velocidad concreta (la misma para los ensayos en pistas diferentes).

Paso 3. Realización de las pruebas

Tras diseñar las pruebas y preparar el material que se necesita, el alumno las realizará siguiendo las indicaciones que él mismo ha preparado. Si necesita de una segunda persona para hacer las pruebas, podrá ayudarle el profesor de física o algún compañero.

Paso 4. Procesado, análisis y discusión de resultados

Los datos obtenidos de las pruebas de campo tendrán que ser procesados, analizados y evaluados por el alumno. Este proceso depende en gran medida del diseño del estudio, de las variables necesarias y de los datos medidos. El profesor de física asesorará al alumno en los puntos donde lo necesite.

Proyecto 2. El rozamiento y el bote de la pelotas de tenis

El procesado de datos a partir de las dos pruebas planteadas se explica a continuación.

La obtención del coeficiente de rozamiento estático y dinámico se realiza a partir del diagrama de fuerzas de la Fig. 5.4. La fuerza normal a la superficie (N) es igual al peso del carro con las pesas (mg). Por su parte, la fuerza de rozamiento (F_r) es igual a la fuerza que indica el dinamómetro (F), ya que la velocidad del carro es constante, sin que exista ninguna aceleración. A partir de estos datos, el cálculo del coeficiente de rozamiento estático (μ_e) o dinámico (μ_d) es directo a partir de la Ec. 5.1.

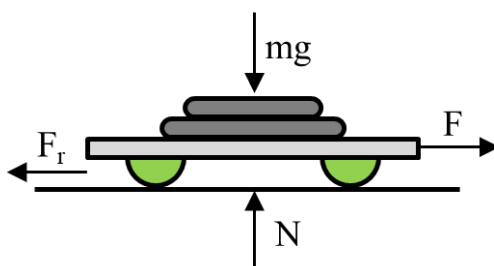


Fig. 5.4 Diagrama de fuerzas de la prueba de rozamiento

$$F_r = \mu N \quad \text{Ec. 5.1}$$

El cálculo de la velocidad de la pelota antes y después del bote a partir de los vídeos grabados puede realizarse utilizando un *software* de captura de trayectorias. Se propone el programa “Tracker” (Brown, s. f.), que permite calcular la trayectoria y obtener la velocidad de la pelota en las direcciones vertical y horizontal a lo largo de esta. De estos datos se puede obtener la velocidad en ambas direcciones en el momento anterior y posterior al bote. El ángulo en ambos momentos (β) se puede obtener a partir de la relación entre velocidades (Ec. 5.2).

$$\operatorname{tg}(\beta) = \frac{v_y(t)}{v_x(t)} \quad \text{Ec. 5.2}$$

Tras obtener los coeficientes de rozamiento de cada superficie y las velocidades en las direcciones paralela al suelo y perpendicular al suelo, el estudiante tendrá que hacer un estudio estadístico en una hoja de cálculo para responder a la pregunta científica planteada al inicio del proyecto.

Paso 5. Preparación de la memoria

Una vez finalizados los pasos anteriores, el alumno preparará una memoria escrita del proyecto de investigación para entregar al profesor de física, que estará disponible para ayudar al estudiante en las dudas que puedan surgirle.

La memoria escrita deberá contener la elección de la pregunta de investigación, la información necesaria para realizar la investigación, la metodología aplicada (con las medidas de seguridad aplicadas si es necesario), los datos tomados, el procesamiento de datos, la interpretación de resultados, la evaluación de estos de acuerdo con la pregunta de investigación y una evaluación de la investigación con sugerencias de mejora.

El estudiante entregará al profesor de física una primera versión de la memoria, sobre la cual el profesor propondrá mejoras en el trabajo. La segunda memoria que envíe el estudiante al profesor será la definitiva y la que se calificará.

5.3 TEMPORALIZACIÓN

La evaluación interna se puede realizar en cualquier momento del PD. No obstante, dado que los alumnos tienen que profundizar temas de física, es necesario haber impartido los conocimientos de este tema previamente. Esto no supone una gran limitación en la temporalización para los alumnos que realicen un proyecto de dinámica y rozamiento como el planteado, ya que este temario suele impartirse en la primera mitad del primer curso del PD.

Por ello, y para evitar que el proyecto se acerque a los exámenes del segundo año, se considera que las mejores épocas para realizarlo son el tercer trimestre del primer curso o el primer trimestre del segundo curso del PD. La estructura de las sesiones, indicada en la Tabla 4.1, no varía dependiendo del momento en el que se realice el trabajo.

El IB indica que 10 de las horas de la asignatura de Física en los niveles medio (150 h) y superior (240 h) se deben utilizar para la realización de la evaluación interna. Como cada alumno la realiza en un momento diferente, estas horas no se imparten como clase, sino que se reservan para que cada alumno las utilice fuera de los horarios habituales de clase. La estimación de horas del trabajo desarrollado es algo superior a las 10 horas indicadas por el IB, lo cual no supone un problema, ya que las horas sobrantes no contabilizarán como horas lectivas sino que será trabajo realizado en casa.

Proyecto 2. El rozamiento y el bote de la pelotas de tenis

Tabla 5.1 Temporalización de los proyectos

Pasos	Sesiones	Tiempo
P1. Búsqueda de la pregunta de investigación	Semana 1, sesión 1	1 h
P2. Diseño del proyecto	Semana 1, casa	2 h
P3. Realización de las pruebas	Semana 2, sesión 2	3 h
P4. Procesado, análisis y discusión de resultados	Semana 2, casa	4 h
P5. Preparación de la memoria y la presentación	Semana 3, casa	5 h

5.4 CONTENIDOS

Los contenidos utilizados del proyecto desarrollado como ejemplo se indican en el anexo 1. Entre ellos se incluyen conocimientos de física y matemáticas. Dado que el proyecto se enmarca en la evaluación interna de Física, los contenidos sobre los que se profundiza son los correspondientes a esta asignatura.

5.5 RECURSOS

Para la realización del proyecto, como recursos educativos se utilizará únicamente la “rúbrica de calificación de las memorias escritas” del anexo 2.

Los recursos materiales necesarios para cada una de las etapas del proyecto se indican en la Tabla 4.3.

Tabla 5.2 Recursos necesarios en las diferentes etapas del proyecto (para el proyecto desarrollado como ejemplo)

	Recursos	Responsable
Trabajo autónomo	Ordenador, <i>software</i> de análisis de trazados, papel, bolígrafos.	Alumno
Pruebas	Pelotas de tenis, tabla, pesas, pegamento, hembrillas, cuerda, vara, dinamómetro, cinta adhesiva, cámara de vídeo, diferentes superficies sobre las que realizar las pruebas.	Alumno

5.6 EVALUACIÓN

Durante el proyecto, el profesor de física realizará evaluación formativa y sumativa. La primera consiste en la corrección de la propuesta de la pregunta de investigación y del primer borrador de la memoria enviado, los cuales no se califican y le ayudan al estudiante a mejorar su proyecto. Además, el docente acompañará al estudiante en las diferentes etapas del proyecto para que el aprendizaje sea más completo y adecuado a las necesidades del alumno.

La evaluación sumativa se realiza a partir de la segunda versión de la memoria escrita. Esta debe tener un máximo de 4000 palabras de extensión y deberá contener la elección de la pregunta de investigación, la información necesaria para realizar la investigación, la metodología aplicada (con las medidas de seguridad aplicadas si es necesario), los datos tomados, el procesamiento de datos, la interpretación de resultados, la evaluación de estos de acuerdo con la pregunta de investigación y una evaluación de la investigación con sugerencias de mejora.

El instrumento de evaluación de la memoria es la “Rúbrica de calificación de las memorias escritas” del anexo 2. El uso de esta rúbrica viene marcado por el IB, y el valor sobre la asignatura de Física del PD es del 20 % de la nota final (IBO, 2018b).

5.7 ANÁLISIS DEL PROYECTO

En este apartado se realiza un análisis del proyecto desde los puntos de vista de la educación STEM, el Aprendizaje Basado en Proyectos y el Bachillerato Internacional, destacando los aspectos más relevantes. El análisis se realiza sobre el proyecto que se ha seguido como ejemplo, ya que de otra forma quedaría limitado en algunos aspectos referidos a la educación STEM.

5.7.1 DESDE LA EDUCACIÓN STEM

El proyecto desarrollado trabaja las cuatro disciplinas STEM. Partiendo de la realización de un estudio científico, y por tanto de la ciencia como disciplina dominante, en diferentes etapas es necesaria la utilización de la ingeniería, las matemáticas o la tecnología, que hacen el proyecto posible.

La ciencia es la disciplina que da forma al proyecto. El estudiante sigue el método científico para llegar a conclusiones a partir de una pregunta de investigación, necesitando informarse, diseñar pruebas o procesar los datos obtenidos para transformarlos en resultados interpretables.

La tecnología se utiliza a nivel de *software* informático, que permite al estudiante obtener datos cinemáticos a partir de los videos de lanzamientos de pelotas. El uso de estos programas fomenta la alfabetización digital, cada vez más necesaria en la vida de las personas.

El papel que tienen **las matemáticas** es inferior al del resto de disciplinas. Estas **utilizan en el procesamiento de datos** tras su recolección, donde se hace un estudio estadístico que relacione los cambios de velocidades en los botes con la fricción de la pelota con el suelo. Del programa informático ya se pueden obtener los datos de velocidades, por lo que la parte matemática se reduce prácticamente a estadística. Este es un ejemplo de un fenómeno cada vez es más habitual, que es la matemática escondida en los programas informáticos. Estos programas llevan a cabo la parte matemática de muchos procesos, provocando que el usuario no sea consciente de esta. En estos casos, el profesor tiene que incidir sobre los procesos matemáticos que el alumno no realiza manualmente y de los que tiene que ser consciente.

La ingeniería, dentro de este proyecto, cobra importancia en el diseño de las pruebas. Estas no consisten en experimentos sencillos y estandarizados, sino que **el estudiante tiene que desarrollar una forma de obtener los datos que necesita, lo que se consigue mediante diseños ingenieriles** como indicados como ejemplo. Estos ejemplos son sólo dos opciones de las muchas que pueden crearse para medir velocidades o coeficientes de rozamiento con el suelo.

A lo largo de todo el proceso que le lleva al estudiante desde el planteamiento del problema hasta la generación de conclusiones, este **desarrolla** una serie de **habilidades que le sirven tanto para sus investigaciones como para la vida o para su futuro profesional.** En este proyecto, la iniciativa, la resolución de problemas y la creatividad tienen una gran importancia a la hora de diseñar las pruebas, el alfabetismo informacional al obtener información sobre el tema a estudiar y definir las variables que interesan, o el análisis a la hora de llegar a conclusiones a partir de los resultados observados

Los aspectos de la educación STEM que fomentan el interés del estudiante en el proyecto son varios. En primer lugar, la **contextualización del proyecto en un entorno real y motivador**, como es el caso del tenis, hace que el alumno vea una aplicación de los conocimientos adquiridos en el centro educativo y se interese por el proyecto. La contextualización motiva al alumno porque nace de un interés propio, que en el ejemplo desarrollado es el tenis, pero podrían ser otros. En segundo lugar, la **rigurosidad de la enseñanza**, que sigue unos estándares de evaluación que requieren de implicación y esfuerzo por parte del alumno. En tercer lugar, la **personalización de la enseñanza**, ya que dando al estudiante poder de elegir el tema y dirigir su propio proyecto se aumenta la motivación de cara a su realización.

Un aspecto que **no se cumple** en este proyecto y que es muy común en la educación STEM es **el trabajo en equipo y la creación de una comunidad de aprendizaje**. Esto viene dificultado por los requisitos de la evaluación interna de Física, que debe ser un trabajo individual. A pesar de ello, el resto de las características del proyecto hacen de este un proyecto STEM muy adecuado para un alumno de física que cursa el PD.

5.7.2 DESDE EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

En este proyecto se han tomado aspectos del ABP para impulsar el aprendizaje de calidad por parte del alumno, si bien no se ha podido aplicar la metodología en su forma más completa. Como se indica en el apartado anterior, **no se lleva a cabo trabajo en grupo** o trabajo cooperativo, ya que la evaluación interna de Física debe ser un trabajo individual. Los conocimientos que se desarrollan no pertenecen directamente al temario de Física, aunque sí **se desarrollan conocimientos y habilidades relativos a la investigación científica** que se espera que el estudiante consiga en la asignatura de Física del PD.

Un aspecto clave del proyecto es la **contextualización en entornos reales y cercanos al estudiante**, que se consigue en la primera reunión del profesor con el alumno. Ambos escogen un tema para generar un proyecto aplicado e interesante para el estudiante, lo que favorece su motivación.

De esta reunión, **el estudiante formula una pregunta de investigación que marca el camino a seguir a lo largo del proyecto**, manteniendo el foco en el objetivo en todo momento. Esta pregunta tiene una gran importancia en el proyecto ya que, al no realizarse

una actividad final más allá de la entrega de la memoria escrita, es necesario incidir sobre el objetivo de otra forma.

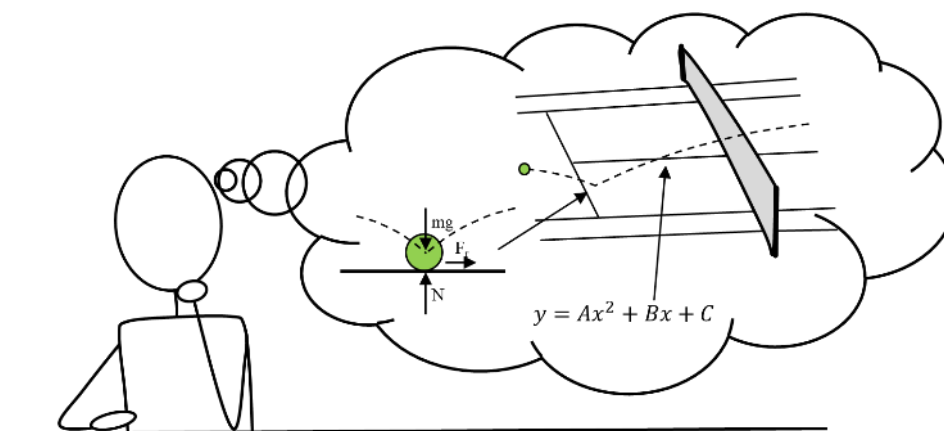


Fig. 5.5 La aplicación de conocimientos académicos a contextos reales y cercanos al estudiante aumentan la motivación y el aprendizaje significativo

El propósito educativo del proyecto viene contemplado en sus objetivos. En este caso, se busca que el estudiante adquiriera habilidades que le ayuden a realizar de forma autónoma un trabajo científico de calidad, y para ello se lleva a cabo una supervisión a lo largo del proceso y una **evaluación formativa** al entregar la propuesta de pregunta científica y la primera versión de la memoria escrita. La **evaluación sumativa** se realiza a partir de la segunda versión de esta memoria, sin tener en cuenta la anterior. La **reflexión** sobre la forma en la que se ha realizado el proyecto forma parte de la memoria, y favorece la autocrítica y la detección de puntos de mejora.

Otro aspecto importante en este proyecto es **la libertad de decisión que se le da al estudiante**. Este tiene que ser capaz de hacer una investigación de forma autónoma, y para ello se le otorga poder para determinar el tema y el objetivo de investigación o diseñar las pruebas que crean más convenientes. Esto hace del alumno el centro del aprendizaje, generando un ambiente que le impulsa a implicarse en sus objetivos.

5.7.3 DESDE EL BACHILLERATO INTERNACIONAL

Al igual que el primer proyecto presentado, este también se basa en los cuatro pilares del IB. **La mentalidad internacional está inmersa en el contexto del proyecto**. Por un lado, las ciencias experimentales son en sí mismas internacionales, ya que trabajan con fenómenos universales. El tenis también trabaja la mentalidad internacional, sobre todo al estudiar diferencias según el tipo de pista, ya que dependiendo del país es habitual jugar

en un tipo de pista u otro. Por ejemplo, en España se juega fundamentalmente en tierra batida.

Los atributos del perfil de la comunidad de aprendizaje del IB sobre los que se centra el proyecto son cuatro: indagadores, informados e instruidos, pensadores y audaces. No son los únicos atributos que se encuentran presentes, pero sí los que más se trabajan.

Para hacer un trabajo científico es importante tener curiosidad, lo que propicia la **indagación**. En el proyecto desarrollado, el estudiante tiene que indagar sobre los fenómenos que pueden causar diferencias en el bote de una pelota, los parámetros que definen la variación, etc.

La indagación ayuda a que el estudiante sea una persona **informada e instruida**. La interconexión de disciplinas para explicar el mundo que nos rodea, como el tenis, ayuda a desarrollar una comprensión conceptual completa.

El estudiante también trabaja el atributo de **pensador** en el proyecto. El pensamiento crítico y creativo le ayuda a proceder ante los problemas que se encuentra, como pueden ser la forma de medir el rozamiento de una superficie con una pelota de tenis, o el método utilizado para obtener las velocidades de una pelota antes y después del bote.

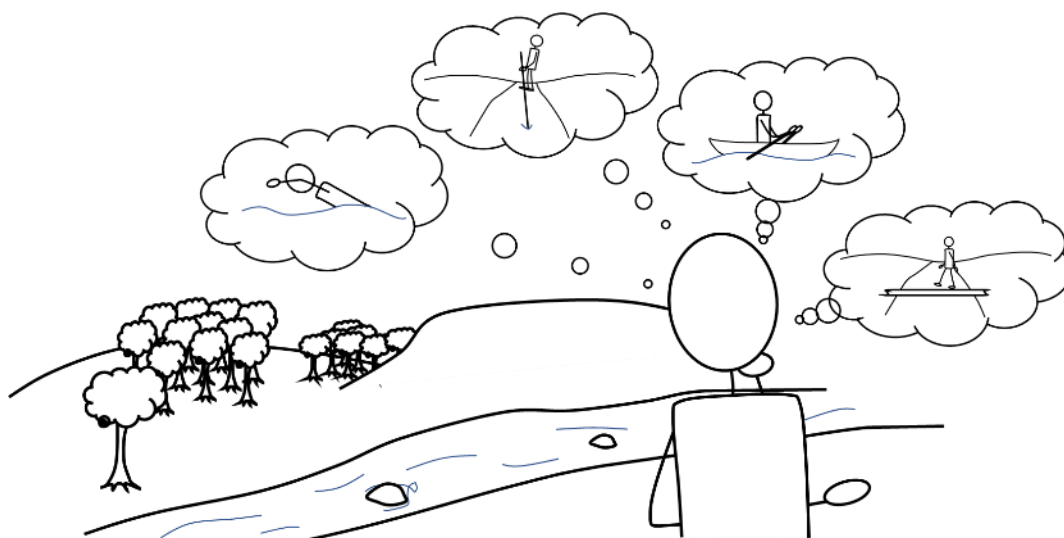


Fig. 5.6 El pensamiento creativo le ayuda al estudiante a proceder ante los problemas que se encuentra

En cuarto lugar, la libertad de decisión que se le da al estudiante en el proyecto le puede generar incertidumbre, por lo que este está obligado a abordar el problema con determinación y con ingenio, trabajando de forma autónoma y **audaz**.

Proyecto 2. El rozamiento y el bote de la pelotas de tenis

Además de atributos del perfil de la comunidad IB, este proyecto se trabaja desde varios de los enfoques de enseñanza, fomentándose habilidades de aprendizaje del IB. La **enseñanza se basa en la indagación** que tiene que hacer el estudiante para generar una comprensión propia de los conocimientos necesarios para el proyecto y generados a partir de él.

Mediante la dotación de poder de decisión al estudiante, se consigue establecer objetivos propios para cada alumno, afirmando su identidad y **eliminando barreras de aprendizaje**. En este caso, la personalización del proyecto también está unida al contexto en el que se realiza, fomentando **contextos locales y globales** que sean cercanos al alumno y generen un aprendizaje más significativo.

La enseñanza también está **guiada por la evaluación**, ya que en todo momento se tienen en cuenta los criterios de evaluación y se procede según estos.

De las habilidades de aprendizaje, la que más se trabaja en el proyecto es la **habilidad de investigación**. La formulación de un problema de investigación, la búsqueda de información, el diseño de ensayos, el procesado o el análisis de datos son habilidades necesarias en el ámbito STEM y que el estudiante trabaja durante el proyecto.

La autonomía que tiene el alumno en un proyecto en el que se encuentra en muchas situaciones nuevas provoca que se trabajen las **habilidades de autogestión**, referidas tanto a la organización y la gestión del tiempo en las diferentes etapas del proyecto como al manejo del estado de ánimo y la motivación, este último debido al afrontamiento de lo desconocido. El profesor de física debe estar disponible y atento a problemáticas que puede haber tanto organizativas como de estado de ánimo, ya que puede afectar negativamente al proyecto y a la motivación del estudiante.

En tercer lugar, las **habilidades de pensamiento** se trabajan en etapas como la formulación de la pregunta de investigación, el diseño de ensayos o la interpretación de resultados, que requieren de pensamiento crítico y creativo.

A parte de los cuatro pilares del IB, la **diversidad en el aprendizaje** de los alumnos también se trabaja teniendo en cuenta los conocimientos previos, el desarrollo de la identidad, el andamiaje y la ampliación del aprendizaje. El proyecto se basa en tres aspectos fundamentales con respecto a los conocimientos aplicados. En primer lugar, la parte académica, donde se engloban los conocimientos de física o matemáticas necesarios

Proyecto 2. El rozamiento y el bote de la pelotas de tenis

para realizar el proyecto. En segundo lugar, Las habilidades científicas, en las cuales **el profesor ofrece al alumno un andamiaje adaptado a cada persona**, lo necesario para que el estudiante pueda avanzar con el proyecto con éxito. En tercer lugar, los conocimientos de tenis, que aparecen a causa de las decisiones del estudiante y de la contextualización del proyecto en un entorno real que le es familiar. Este poder de decisión ayuda a **afirmar la identidad y desarrollar la autoestima** del estudiante, que se ve dueño de su aprendizaje. Los tres aspectos fundamentales se basan en **conocimientos previos** que tiene el alumno y sobre los que el profesor va guiando en caso de que el primero necesite apoyo, y la unión de estos aspectos es lo que permite **ampliar el aprendizaje**, relacionando conceptos entre áreas del conocimiento, con el mundo real y profundizando en estos conceptos.

6 CONCLUSIONES

En este trabajo se han desarrollado dos proyectos STEM utilizando la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos y enmarcados dentro del Programa del Diploma del Bachillerato Internacional. El primero se ha creado como proyecto del Grupo 4 (ciencias), donde pueden participar alumnos de las asignaturas de Física, Química y Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud. El segundo se ha adaptado para su realización como evaluación interna de la asignatura de Física. Ambos proyectos giran en torno a la dinámica y el rozamiento en el deporte: el primero en deportes de invierno y el segundo en tenis.

Los dos proyectos requieren del uso de las cuatro disciplinas STEM. La disciplina dominante es en ambos casos la ciencia, ya que en ambos proyectos se busca que los alumnos comprendan y apliquen el método científico. La ingeniería se ha utilizado para generar el contexto del primer proyecto a través de la necesidad de mejorar las ceras que se utilizan en deportes de invierno o su elección, pero también en el diseño de experimentos en ambos proyectos, donde los estudiantes tienen que crear equipos y procedimientos de medida de variables.

La tecnología también ha estado presente en los proyectos a través del uso de herramientas para la realización de pruebas, como por ejemplo sistemas de posicionamiento por satélite. También para el procesamiento de datos, donde se deben utilizar desde hojas de cálculo hasta programas de control de trayectorias a partir de un vídeo. En la etapa de procesamiento de datos y obtención de resultados, las matemáticas han jugado un papel importante, requiriendo la aplicación de conocimientos de derivadas, trigonometría o análisis estadístico.

El diseño de proyectos en los que se interconecten las cuatro disciplinas STEM pa presentado ciertas dificultades. La primera ha sido dar un peso similar a las cuatro disciplinas. En los dos proyectos desarrollados, la ciencia ha sido la que más peso tiene. Las disciplinas con menor peso han sido la tecnología en el proyecto de deportes de invierno y las matemáticas en el de tenis. La segunda dificultad, la matemática oculta en los programas de procesamiento de datos, se ha observado en el proyecto de tenis. Estos programas realizan los cálculos sin que el usuario sepa qué es lo que hace el software. Los profesores deben hacer conscientes a los alumnos de las matemáticas que están detrás de esos procesos y la utilidad de estas en la vida diaria.

Para poder utilizar las cuatro disciplinas STEM y para que los estudiantes generen conexiones entre disciplinas y profundicen en sus conocimientos, ha sido de gran importancia la contextualización en entornos reales, como son los fenómenos de fricción en deportes de invierno y tenis. Se han buscado dos entornos reales que resulten cercanos y atractivos a los estudiantes, o al menos a un grupo de ellos, para fomentar el interés, la implicación y el aprendizaje significativo durante los proyectos.

Pero tan importante es la contextualización como la libertad de elección de los estudiantes y la interacción entre compañeros y con personas externas al centro educativo. Por ello, en los dos proyectos se les da una alto poder de decisión a los alumnos en la elección del tema o en las estrategias que siguen. Con esto se consigue que los alumnos sean el centro del proceso de aprendizaje. En el proyecto de deportes de invierno, también se ha fomentado la creación de una comunidad de aprendizaje mediante el trabajo en grupos interdisciplinares y la colaboración con profesionales del sector del esquí.

Utilizando todos los aspectos mencionados, los dos proyectos sirven para formar a los estudiantes en habilidades que necesitan, no sólo para su vida académica, sino para su vida profesional y personal, con el foco puesto en algunos atributos del perfil de aprendizaje del Bachillerato Internacional: la mentalidad abierta, ser audaces, indagadores o buenos comunicadores. Otras habilidades para la vida trabajadas son las habilidades sociales, el trabajo colaborativo, el pensamiento crítico o la resolución de problemas.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Allen, P. J., Chang, R., Gorrall, B. K., Waggenpack, L., Fukuda, E., Little, T. D., & Noam, G. G. (2019). From quality to outcomes: a national study of afterschool STEM programming. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0191-2>
- Benjumeda, F. J., & Romero, I. M. (2017). Ciudad sostenible: un proyecto para integrar las materias científico-tecnológicas en Secundaria. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 14(3), 621-636. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i3.08
- Blotnicky, K. A., Franz-Odenaal, T., French, F., & Joy, P. (2018). A study of the correlation between STEM career knowledge, mathematics self-efficacy, career interests, and career activities on the likelihood of pursuing a STEM career among middle school students. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0118-3>
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>
- Brown, D. (s. f.). Tracker. Video Analysis and Modeling Tool. Recuperado 7 de abril de 2020, de <https://physlets.org/tracker/>
- Bybee, R. W. (2010). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996-996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Coello Pisco, S. M., Crespo Vaca, T., Hidalgo Crespo, J., & Díaz Jiménez, D. (2018). El modelo STEM como recurso metodológico didáctico para construir el conocimiento científico crítico de estudiantes de Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(2). Recuperado de http://www.lajpe.org/jun18/12_2_06.pdf
- Dare, E. A., Ellis, J. A., & Roehrig, G. H. (2018). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0101-z>

- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(2), 29-42. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Domènech-Casal, J., Lope, S., & Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 16(2). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- El Nagdi, M., Leammukda, F., & Roehrig, G. (2018). Developing identities of STEM teachers at emerging STEM schools. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0136-1>
- Hallinen, J. (2019). STEM. Recuperado 24 de marzo de 2020, de Encyclopædia Britannica website: <https://www.britannica.com/topic/STEM-education>
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) affects high, middle and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089-1113. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>
- Han, S., Yalvac, B., Capraro, M. M., & Capraro, R. M. (2015). In-service Teachers' Implementation and Understanding of STEM Project Based Learning. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(1), 63-76. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1306a>
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavit, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
- IBO. (s. f.). Logotipos. Recuperado 4 de marzo de 2020, de <https://www.ibo.org/es/digital-toolkit/logos-and-programme-models/>
- IBO. (2015a). El Programa del Diploma: de los principios a la práctica. Recuperado 1 de abril de 2020, de https://resources.ibo.org/data/d_0_dpyyy_mon_1504_1_s.pdf
- IBO. (2015b). Enfoques del aprendizaje. Recuperado 1 de abril de 2020, de https://xmltwo.ibo.org/publications/DP/Group0/d_0_dpatl_gui_1502_1/static/dpatl

/es/guide-research-skills.html

- IBO. (2016a). Guía de Ciencias Ambientales y Sociedades. Recuperado 2 de abril de 2020, de https://ibpublishing.ibo.org/ess/apps/dpapp/guide.html?doc=d_4_ecoso_gui_1505_1_s&part=1&chapter=1
- IBO. (2016b). Guía de matemáticas NM. Recuperado 1 de abril de 2020, de https://resources.ibo.org/data/d_5_matsl_gui_1203_2_s.pdf
- IBO. (2016c). Guía de Matemáticas NS. Recuperado de https://resources.ibo.org/data/d_5_mathl_gui_1206_6_s.pdf
- IBO. (2018a). Guía de Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud. Recuperado 1 de abril de 2020, de https://resources.ibo.org/data/d_4_sport_gui_1601_4_s.pdf
- IBO. (2018b). Guía de Física. Recuperado 1 de abril de 2020, de https://ibpublishing.ibo.org/server2/rest/app/tsm.xql?doc=d_4_physi_gui_1402_2_s&part=1&chapter=1
- IBO. (2018c). Guía de química. Recuperado 1 de abril de 2020, de https://resources.ibo.org/data/d_4_chemi_gui_1402_6_s.pdf
- IBO. (2018d). Perfil de la comunidad de aprendizaje del IB. Recuperado 14 de febrero de 2020, de https://resources.ibo.org/data/g_0_iboxx_amo_1702_2_s.pdf
- IBO. (2019). ¿Qué es la educación IB? Recuperado 4 de marzo de 2020, de https://resources.ibo.org/data/what-is-an-ib-education_4120df85-ad62-4edd-8bdb-c608728c6ce1/PRC-g-0-iboxx-amo-1908-1-s_e7237b81-00ef-4700-bf9c-ecba1ea1df6c.pdf
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging Students In STEM Education. *Science Education International*, 25(3), 246-258. Recuperado de <https://eric.ed.gov/?id=EJ1044508>
- LaForce, M., Noble, E., King, H., Century, J., Blackwell, C., Holt, S., ... Loo, S. (2016).

- The eight essential elements of inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0054-z>
- Larmer, J., & Mergendoller, J. R. (2010). Seven essentials for project-based learning. *Educational Leadership*, 68(1), 34-37. Recuperado de http://www.ascd.org/publications/educational_leadership/sept10/vol68/num01
- Markham, T. (2011). Project based learning: a bridge just far enough. *Teacher Librarian*, 39(2), 38. Recuperado de <https://search.proquest.com/docview/915254354?pq-origsite=gscholar>
- Martin-Hansen, L. (2018). Examining ways to meaningfully support students in STEM. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0150-3>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A Framework for Quality K-12 Engineering Education: Research and Development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221-223. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775>
- Nevasport. (2019). La FIS prohíbe las ceras fluoradas en las competiciones de esquí. Recuperado 1 de abril de 2020, de Nevasport website: <https://www.nevasport.com/noticias/art/57493/La-FIS-prohibe-las-ceras-fluoradas-en-la-Copa-del-Mundo-de-esqui/>
- Peters-Burton, E. E., Lynch, S. J., Behrend, T. S., & Means, B. B. (2014). Inclusive STEM High School Design: 10 Critical Components. *Theory Into Practice*, 53(1), 64-71. <https://doi.org/10.1080/00405841.2014.862125>
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.*

- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science Education now: a Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Recuperado de http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- Sanders, M. (2009). STEM, STEMEducation, STEMmania. *The Technology Teacher*, 64(4), 20-26. Recuperado de <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanmarti Puig, N., & Márquez Bargalló, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 3-16. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020>
- Shaikh, Z. A. (2019). La identificación de competencias STEM de estudiantes de Ciencias Técnicas. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. Recuperado de <http://files.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/200006250-ba860ba862/EE 19.11.75 La identificación de competencias STEM de.....pdf>
- Shaughnessy, J. M. (2013). Mathematics in a STEM Context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324. <https://doi.org/10.5951/mathteachmidscho.18.6.0324>
- Star, J. R., Chen, J. A., Taylor, M. W., Durkin, K., Dede, C., & Chao, T. (2014). Studying technology-based strategies for enhancing motivation in mathematics. *International Journal of STEM Education*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/2196-7822-1-7>
- Tai, R. H. (2006). CAREER CHOICE: Enhanced: Planning Early for Careers in Science. *Science*, 312(5777), 1143-1144. <https://doi.org/10.1126/science.1128690>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., ... Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Thomas, J. W. (2000). *A Review of Research on Project-Based Learning*. Recuperado de https://tecfa.unige.ch/proj/eteach-net/Thomas_researchreview_PBL.pdf
- Wang, H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM Integration : Teacher Perceptions and Practice STEM Integration : Teacher Perceptions and

Practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2).
<https://doi.org/10.5703/1288284314636>

ANEXO 1. CORRESPONDENCIA DE LOS PROYECTOS CON EL CONTENIDO DE LOS CURRÍCULOS

Tabla 8.1. Correspondencia del contenido de los proyectos y el currículo de 1º de bachillerato, según el Real Decreto 1105-2014, de 26 de diciembre (RD1105/2014). Este dependerá del enfoque del proyecto

	P1. Estudio de ceras para esquiar	P2. El rozamiento y el bote de las pelotas de tenis
Física y química	<p>Bloque 1. La actividad científica (estrategias en la actividad científica, TICs en el trabajo científico, proyecto de investigación).</p> <p>Bloque 6. Cinemática (m.r.u.a., representaciones gráficas).</p> <p>Bloque 7. Dinámica (diagrama de fuerzas, fuerza resultante, fuerza de rozamiento).</p>	<p>Bloque 1. La actividad científica (estrategias en la actividad científica, proyecto de investigación).</p> <p>Bloque 6. Cinemática (m.r.u., m.r.u.a., representaciones gráficas).</p> <p>Bloque 7. Dinámica (diagrama de fuerzas, fuerza resultante, fuerza de rozamiento, momento angular).</p>
Matemáticas	<p>Bloque 1. Procesos, métodos y actitudes en matemáticas.</p> <p>Bloque 3. Análisis (funciones básicas, concepto de derivada, representación gráfica de funciones).</p> <p>Bloque 4. Geometría (relaciones y ecuaciones trigonométricas).</p> <p>Bloque 5. Estadística y probabilidad (estadística descriptiva bidimensional, tablas de contingencia, medias y desviaciones típicas, independencia de variables estadísticas, estudio de dependencia de variables estadísticas, dependencia lineal).</p>	<p>Bloque 1. Procesos, métodos y actitudes en matemáticas.</p> <p>Bloque 3. Análisis (concepto de derivada, representación gráfica de funciones).</p> <p>Bloque 4. Geometría (relaciones y ecuaciones trigonométricas).</p> <p>Bloque 5. Estadística y probabilidad (estadística descriptiva bidimensional, tablas de contingencia, medias y desviaciones típicas, independencia de variables estadísticas, estudio de dependencia de variables estadísticas, dependencia lineal).</p>
Lengua castellana ¹	<p>Bloque 1. Comunicación oral: escuchar y hablar.</p> <p>Bloque 2. Comunicación escrita: leer y escribir.</p>	<p>Bloque 2. Comunicación escrita: leer y escribir.</p>
Lengua extranjera ²	<p>Bloque 2. Producción de textos orales: expresión e interacción.</p> <p>Bloque 4. Producción de textos escritos: expresión e interacción.</p>	<p>Bloque 4. Producción de textos escritos: expresión e interacción.</p>

¹ En el caso de hacer el proyecto en una lengua no extranjera diferente al castellano, se trabajarán los bloques análogos, incorporados en las legislaciones de cada comunidad autónoma.

² En el caso de hacer el proyecto en una lengua extranjera, se trabajarían los bloques de esta asignatura en lugar de los de lengua castellana y literatura.

Anexo 1. Correspondencia de los proyectos con el contenido de los currículos

Tabla 8.2. Correspondencia del contenido de los proyectos y el currículo del Programa del Diploma (IBO, 2016a, 2016b, 2016c, 2018a, 2018b, 2018c). Este dependerá del enfoque del proyecto

	P1. Ceras y esquí	P2. Tenis
Matemáticas NM, NS	<p>Unidad 2. Funciones y ecuaciones (función, gráfico de una función, resolución de ecuaciones, aplicaciones).</p> <p>Unidad 3. Funciones circulares y trigonometría (razones trigonométricas, relaciones).</p> <p>Unidad 4. Vectores (componentes, suma, ángulo).</p> <p>Unidad 5. Estadística y probabilidad (medidas estadísticas e interpretación).</p> <p>Unidad 6. Análisis (derivada, gráficos de funciones, problemas cinemáticos).</p>	<p>Unidad 2. Funciones y ecuaciones (función, gráfico de una función, resolución de ecuaciones, aplicaciones).</p> <p>Unidad 3. Funciones circulares y trigonometría (razones trigonométricas, relaciones).</p> <p>Unidad 4. Vectores (componentes, suma, ángulo).</p> <p>Unidad 5. Estadística y probabilidad (medidas estadísticas e interpretación).</p> <p>Unidad 6. Análisis (derivada, gráficos de funciones, problemas cinemáticos).</p>
Física NM, NS	<p>Tema 1. Mediciones e incertidumbres (mediciones de la física, incertidumbres y errores, vectores, escalares).</p> <p>Tema 2. Mecánica (movimiento, fuerzas, rozamiento).</p>	<p>Tema 1. Mediciones e incertidumbres (mediciones de la física, incertidumbres y errores, vectores, escalares).</p> <p>Tema 2. Mecánica (movimiento, fuerzas, rozamiento, colisiones).</p> <p>Opción B. Física en ingeniería (momentos de fuerzas, momento de inercia).</p>
Química	Tema A5. Polímeros.	-
Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud NS	Tema 10. Fricción y arrastre.	Tema 10. Fricción y arrastre.
Sistemas ambientales y sociedades	Tema 8. Sistemas humanos y uso de los recursos (residuos sólidos humanos).	-

REFERENCIAS

- IBO. (2016a). Guía de Ciencias Ambientales y Sociedades. Recuperado 2 de abril de 2020, de https://ibpublishing.ibo.org/ess/apps/dpapp/guide.html?doc=d_4_ecoso_gui_1505_1_s&part=1&chapter=1
- IBO. (2016b). Guía de matemáticas NM. Recuperado 1 de abril de 2020, de https://resources.ibo.org/data/d_5_matsl_gui_1203_2_s.pdf
- IBO. (2016c). Guía de Matemáticas NS. Recuperado de https://resources.ibo.org/data/d_5_mathl_gui_1206_6_s.pdf
- IBO. (2018a). Guía de Ciencias del Deporte, el Ejercicio y la Salud. Recuperado 1 de abril de 2020, de https://resources.ibo.org/data/d_4_sport_gui_1601_4_s.pdf
- IBO. (2018b). Guía de Física. Recuperado 1 de abril de 2020, de https://ibpublishing.ibo.org/server2/rest/app/tsm.xql?doc=d_4_physi_gui_1402_2_s&part=1&chapter=1
- IBO. (2018c). Guía de química. Recuperado 1 de abril de 2020, de https://resources.ibo.org/data/d_4_chemi_gui_1402_6_s.pdf
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

ANEXO 2. EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS

Rúbrica de calificación de las memorias escritas:

La puntuación otorgada para cada criterio de esta tabla de valoración corresponderá al descriptor que exprese de la forma más adecuada el nivel de logro alcanzado.

La evaluación tiene en cuenta cinco criterios, indicados en la tabla 8.3 junto con los pesos de cada uno en la nota final. Los niveles de consecución de cada criterio de evaluación se indican en las tablas 8.4-8.8. Las faltas de ortografía podrán restar hasta 2 puntos sobre los 24 totales, de acuerdo con los criterios de la tabla 8.9.

Tabla 8.3. Criterios de evaluación de los proyectos (IBO, 2018)

Compromiso personal	Exploración	Análisis	Evaluación	Comunicación	Total
2 (8 %)	6 (25 %)	6 (25 %)	6 (25%)	4 (17 %)	24 (100 %)

Tabla 8.4. Valoración del compromiso personal (IBO, 2018)

Puntos	Descriptor
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1	<p>Las pruebas que demuestran el compromiso personal con la exploración son limitadas, con poco pensamiento independiente, poca iniciativa o poca creatividad.</p> <p>La justificación aportada para elegir la pregunta de investigación y/o el tema que se investiga no demuestra interés, curiosidad o importancia de índole personal.</p> <p>Hay pocas pruebas que demuestren una iniciativa y un aporte de índole personal en el diseño, la implementación o la presentación de la investigación.</p>
2	<p>Las pruebas que demuestran el compromiso personal con la exploración son claras, con un grado significativo de pensamiento independiente, iniciativa o creatividad.</p> <p>La justificación aportada para elegir la pregunta de investigación y/o el tema que se investiga demuestra interés, curiosidad o importancia de índole personal.</p> <p>Hay pruebas que demuestran iniciativa y un aporte de índole personal en el diseño, la implementación o la presentación de la investigación.</p>

Tabla 8.5. Valoración de la exploración (IBO, 2018)

Puntos	Descriptor
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	<p>Se identifica el tema de la investigación y se plantea una pregunta de investigación de cierta pertinencia, pero la pregunta no está bien centrada. La información de referencia que se proporciona para la investigación es superficial o de pertinencia limitada, y no ayuda a comprender el contexto de la investigación.</p> <p>La metodología de la investigación solo es adecuada para abordar la pregunta de investigación de manera muy limitada, ya que considera unos pocos factores importantes que pueden influir en la pertinencia, fiabilidad y suficiencia de los datos obtenidos.</p> <p>El informe muestra pruebas de una conciencia limitada acerca de las importantes cuestiones de seguridad, éticas o medioambientales que son pertinentes para la metodología de la investigación.</p>
3-4	<p>Se identifica el tema de la investigación y se describe una pregunta de investigación pertinente, pero la pregunta no está totalmente bien centrada. La información de referencia que se proporciona para la investigación es, en su mayor parte, adecuada y pertinente, y ayuda a comprender el contexto de la investigación.</p> <p>La metodología de la investigación es, en su mayor parte, adecuada para abordar la pregunta de investigación, pero tiene limitaciones, ya que considera solo algunos de los factores importantes que pueden influir en la pertinencia, la fiabilidad y la suficiencia de los datos obtenidos.</p> <p>El informe muestra pruebas de cierta conciencia acerca de las importantes cuestiones de seguridad, éticas o medioambientales que son pertinentes para la metodología de la investigación.</p>
5-6	<p>Se identifica el tema de la investigación y se describe con claridad una pregunta de investigación pertinente y totalmente bien centrada. La información de referencia que se proporciona para la investigación es totalmente adecuada y pertinente, y mejora la comprensión del contexto de la investigación.</p> <p>La metodología de la investigación es muy adecuada para abordar la pregunta de investigación porque considera todos, o casi todos, los factores importantes que pueden influir en la pertinencia, la fiabilidad y la suficiencia de los datos obtenidos.</p> <p>El informe muestra pruebas de una completa conciencia acerca de las importantes cuestiones de seguridad, éticas o medioambientales que son pertinentes para la metodología de la investigación.</p>

Tabla 8.6. Valoración del análisis (IBO, 2018)

Puntos	Descriptor
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	<p>El informe no incluye suficientes datos brutos pertinentes como para respaldar una conclusión válida para la pregunta de investigación.</p> <p>Se realiza cierto procesamiento básico de datos, pero es demasiado impreciso o demasiado insuficiente como para llevar a una conclusión válida.</p> <p>El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis apenas se toma en consideración.</p> <p>Los datos procesados se interpretan de manera incorrecta o insuficiente, de tal forma que la conclusión no es válida o es muy incompleta.</p>
3-4	<p>El informe incluye datos brutos cuantitativos y cualitativos pertinentes pero incompletos que podrían respaldar una conclusión simple o parcialmente válida con respecto a la pregunta de investigación.</p> <p>Se realiza un procesamiento adecuado y suficiente de datos que podría llevar a una conclusión válida a grandes rasgos, pero hay importantes imprecisiones e incoherencias en el procesamiento.</p> <p>El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis se toma en consideración de manera limitada.</p> <p>Los datos procesados se interpretan de tal forma que se puede deducir una conclusión válida a grandes rasgos, pero incompleta o limitada, con respecto a la pregunta de investigación.</p>
5-6	<p>El informe incluye suficientes datos brutos cuantitativos y cualitativos pertinentes que podrían respaldar una conclusión detallada y válida en relación con la pregunta de investigación.</p> <p>Se realiza un procesamiento adecuado y suficiente de datos con la precisión necesaria como para permitir extraer una conclusión con respecto a la pregunta de investigación que sea completamente coherente con los datos experimentales.</p> <p>El informe muestra pruebas de que el efecto de la incertidumbre de las mediciones en el análisis se toma en consideración de manera completa y adecuada.</p> <p>Los datos procesados se interpretan correctamente, de tal forma que se puede deducir una conclusión completamente válida y detallada de la pregunta de investigación.</p>

Tabla 8.7. Valoración de la evaluación (IBO, 2018)

Puntos	Descriptor
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	<p>Se resume una conclusión que no es pertinente para la pregunta de investigación o que no cuenta con el respaldo de los datos que se presentan.</p> <p>La conclusión hace una comparación superficial con el contexto científico aceptado.</p> <p>Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se resumen pero se limitan a exponer las cuestiones prácticas o de procedimiento a las que el alumno se ha enfrentado.</p> <p>El alumno ha resumido muy pocas sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación.</p>
3-4	<p>Se describe una conclusión que es pertinente para la pregunta de investigación y que cuenta con el respaldo de los datos que se presentan.</p> <p>Se describe una conclusión que realiza cierta comparación pertinente con el contexto científico aceptado.</p> <p>Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se describen y demuestran cierta conciencia de las cuestiones metodológicas implicadas en el establecimiento de la conclusión.</p> <p>El alumno ha descrito algunas sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación.</p>
5-6	<p>Se describe y se justifica una conclusión detallada que es totalmente pertinente para la pregunta de investigación y que cuenta con el respaldo absoluto de los datos que se presentan.</p> <p>Se describe y se justifica correctamente una conclusión mediante una comparación pertinente con el contexto científico aceptado.</p> <p>Los puntos fuertes y débiles de la investigación, como las limitaciones de los datos y las fuentes de error, se discuten y demuestran una clara comprensión de las cuestiones metodológicas implicadas en el establecimiento de la conclusión.</p> <p>El alumno ha discutido sugerencias realistas y pertinentes para la mejora y la ampliación de la investigación.</p>

Tabla 8.8. Valoración de la comunicación (IBO, 2018)

Puntos	Descriptor
0	El informe del alumno no alcanza ninguno de los niveles especificados por los descriptores que figuran a continuación.
1-2	<p>La presentación de la investigación es poco clara, lo cual dificulta comprender el objetivo, el proceso y los resultados.</p> <p>El informe es poco claro y no está bien estructurado: la información necesaria acerca del objetivo, el proceso y los resultados es inexistente o se presenta de manera incoherente o desorganizada.</p> <p>La presencia de información inadecuada o no pertinente dificulta la comprensión del objetivo, el proceso y los resultados de la investigación.</p> <p>Hay muchos errores en el uso de convenciones y terminología específicas de la asignatura.</p>
3-4	<p>La presentación de la investigación es clara. Los errores que pueda haber no obstaculizan la comprensión del objetivo, el proceso y los resultados.</p> <p>El informe es claro y está bien estructurado: la información necesaria acerca del objetivo, el proceso y los resultados se presenta de manera coherente.</p> <p>El informe es pertinente y conciso, lo cual facilita una rápida comprensión del objetivo, el proceso y los resultados de la investigación.</p> <p>El uso de convenciones y terminología específicas de la asignatura es adecuado y correcto. Los errores que pueda haber no obstaculizan la comprensión.</p>

Tabla 8.9. Valoración de la ortografía

Puntos	Descriptor ortografía
0	El texto no presenta errores ortográficos (puntuación, acentuación y gramática), o estos son esporádicos.
-1	El texto tiene más de 4 errores ortográficos por cada 1000 palabras.
-2	El texto tiene más de 8 errores ortográficos por cada 1000 palabras.

Rúbrica de calificación de la reflexión:

La evaluación tendrá en cuenta cinco criterios, indicados junto con los diferentes niveles de consecución en la tabla 8.10. La puntuación otorgada para cada criterio corresponderá al descriptor que exprese de la forma más adecuada el nivel de logro alcanzado por el alumno. La nota de la reflexión será la suma de puntuación de cada uno de los descriptores, obteniendo como máximo 14 puntos.

Tabla 8.10. Calificación de las presentaciones

	3	2	1	0
Ética de la ciencia y la tecnología	El alumno razona con argumentos propios las implicaciones éticas que pueden derivar del uso de la ciencia o la tecnología. Plantea diferentes puntos de vista a cada situación.	El alumno razona las implicaciones éticas que pueden derivar del uso de la ciencia o la tecnología, pero sin tener en cuenta diferentes puntos de vista.	El alumno plantea situaciones en las que la ciencia y la tecnología pueden plantear conflictos éticos, pero no lo argumenta.	El alumno no indica posibles implicaciones éticas que pueden derivar del uso de la ciencia o la tecnología.
Conexión de conocimiento de diferentes áreas	El alumno ha realizado múltiples conexiones entre conocimientos de las disciplinas STEM entre ellas y con situaciones de la vida diaria, aportando muchos ejemplos de su proyecto.	El alumno relaciona algunos conceptos entre disciplinas STEM y con la vida, pero no es capaz de dar muchos ejemplos de su proyecto.	El alumno relaciona de forma aislada algún concepto trabajado entre las diferentes disciplinas STEM y su aplicabilidad a la vida.	El alumno ha trabajado los conceptos de cada área del conocimiento de forma aislada, sin relacionar estos.
Argumentación	El alumno presenta razonamientos consistentes, argumentándolos en todas las ocasiones.	El alumno presenta razonamientos consistentes, habitualmente argumentándolos.	Las ideas del alumno no se contradicen, pero sus argumentos son pobres.	Las ideas del alumno se contradicen y apenas presenta argumentos.
Pensamiento crítico	El alumno es consciente de lo que se ha realizado bien y mal en el proyecto, y aporta ideas para mejorar su trabajo y el de sus compañeros.	El alumno indica aspectos que se han realizado bien y mal en el proyecto y aporta ideas para mejorar el trabajo de sus compañeros, pero no el propio.	El alumno indica aspectos que se han realizado bien y mal en el proyecto, pero no da ideas de mejora.	El alumno apenas indica puntos de mejora en el proyecto y no da ideas para mejorarlo.
Ortografía	-	Sin errores o con fallos esporádicos de ortografía.	Más de 4 errores por cada 1000 palabras.	Más de 8 errores por cada 1000 palabras.

Rúbrica de calificación de presentaciones:

La evaluación tendrá en cuenta los criterios indicados en la tabla 8.11. La puntuación otorgada para cada criterio corresponderá al descriptor que exprese de la forma más adecuada el nivel de logro alcanzado por el alumno. La nota de la presentación será la suma de puntuación de cada uno de los descriptores, obteniendo como máximo 11 puntos.

Tabla 8.11. Calificación de las presentaciones

	3	2	1	0
Explicación del trabajo	El trabajo se expone de forma ordenada, explicando cada etapa y todos los conceptos clave.	El trabajo se expone de forma ordenada, explicando cada etapa, pero con ausencia de algunos conceptos clave.	Falta orden en la exposición y conceptos clave, si bien sí se explican todas las etapas del proyecto.	Falta orden en la exposición del trabajo, hay etapas que no se explican y faltan muchos conceptos clave
Recursos didácticos	La exposición se acompaña con soportes atractivos y de calidad.	Los soportes que acompañan la exposición son adecuados, pero no atractivos.	Los soportes que acompañan la exposición no son ni adecuados ni atractivos.	No hay un soporte que acompañe a la exposición.
Tiempo	-	Se ajustan al tiempo establecido para la presentación (10 minutos) y se reparten el tiempo de exposición de forma equitativa.	No se ajustan al tiempo establecido (10 minutos) o no se reparten el tiempo de exposición de forma equitativa.	Ni se ajustan al tiempo establecido ni se reparten el tiempo de exposición de forma equitativa.
Comunicación	El estudiante expone coherentemente y con un vocabulario adecuado. Su volumen de voz es adecuado. Sus expresiones y su lenguaje corporal generan interés a la audiencia.	El vocabulario es adecuado y la exposición es clara. A veces baja el volumen de voz. Sus expresiones y su lenguaje corporal generan habitualmente interés.	Tiene algún problema para expresar correctamente sus ideas. Sólo habla con un volumen de voz suficiente cuando se siente seguro, y sus expresiones y su lenguaje corporal no generan algo de interés.	El estudiante no transite con claridad sus ideas. El volumen de voz es muy bajo. Sus expresiones faciales y su lenguaje corporal no generan interés.

REFERENCIAS

IBO. (2018). Guía de Física. Recuperado 1 de abril de 2020, de https://ibpublishing.ibo.org/server2/rest/app/tsm.xql?doc=d_4_physi_gui_1402_2_s&part=1&chapter=1

ANEXO 3. FICHA DE LA ACTIVIDAD PREVIA A LA FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Indica si las siguientes preguntas de investigación son correctas o no. En el caso en el que no lo sean, selecciona de la lista la/las razones. *Respuestas en cursiva para el profesor*

- A. La pregunta no es lo suficientemente concisa.
- B. La pregunta no está contextualizada.
- C. No se identifican las variables dependientes e independientes.
- D. La investigación que plantea la pregunta no es alcanzable en el contexto en el que se va a desarrollar el proyecto.
- E. No es una pregunta de investigación.

- ¿Qué es la vida? *Incorrecta (A, B, C, D, E)*
- ¿Hay vida en otros planetas? *Incorrecta (A, C, D, E)*
- ¿Es posible compensar el dióxido de carbono que emitió España a la atmósfera en 2019 mediante la absorción de olivino en condiciones de temperatura de 10, 20 y 30 °C? *Correcta*
- ¿Cuál es el factor limitante del crecimiento en las secuoyas gigantes? *Incorrecta (A, C, D)*
- ¿Cuáles son los diferentes factores limitantes del crecimiento en el cultivo de legumbres? *Incorrecta (A, C)*
- ¿Supone la falta de agua un factor limitante mayor a la falta de luz para el crecimiento de un cultivo de lentejas? *Correcta*
- ¿Cuánto afecta el peso corporal al cambio del ritmo cardíaco en una persona cuando está en tumbado, sentado o de pie? *Correcta*
- ¿Se puede simular el efecto del calentamiento global en la subida del nivel del mar? *Incorrecta (A, C, D)*
- ¿Cuánto contribuyen los icebergs y los glaciares al aumento del nivel del mar? *Incorrecta (E)*
- ¿Cuánto tiene que aumentar la temperatura media global para que el aumento del nivel del mar Mediterráneo sumerja las capitales de provincia valencianas y baleares? *Correcta*

ANEXO 4. PLANTILLA DE REFLEXIÓN SOBRE LOS PROYECTOS

Los alumnos, tras realizar el proyecto del Grupo 4 (estudio de ceras para esquiar), rellenarán el siguiente cuestionario de reflexión.

Responde a las siguientes cuestiones argumentando tus afirmaciones:

- Tras finalizar el proyecto ¿Habéis conseguido los resultados que esperabais al inicio? ¿Qué dificultades os habéis encontrado y cómo las habéis solucionado?

- ¿Cómo ha sido la relación con tus compañeros a lo largo del proyecto? ¿Te ha resultado fácil trabajar con ellos?

- ¿Crees que el proyecto trabaja aspectos relacionados con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas? ¿Cómo se han conectado estas cuatro disciplinas?

- ¿Qué papel ha tenido la tecnología en el desarrollo del proyecto? ¿Se ha creado tecnología partiendo de la ciencia o ha ayudado esta al proceso científico?

- ¿Cómo crees que pueden influir estudios como los que habéis realizado en tu entorno? ¿Y en el ámbito mundial?

- ¿Piensas que algún aspecto relacionado con el proyecto realizado o con el uso o la prohibición de ceras fluoradas puede generar conflictos éticos en la sociedad?

- ¿Hay algún otro aspecto que te haya hecho reflexionar a lo largo de este proyecto o alguna mejora que no hayas comentado?

