

1. Título del proyecto

Aprendiendo competencias clave mediante la resolución de problemas con pensamiento computacional.

2. Elección del tema de investigación

2.1 Justificación

Actualmente es indiscutible el hecho de que nuestra vida cotidiana se encuentra condicionada por una pléyade de avances científico-tecnológicos en diversos ámbitos, que redundan en una mejora de la calidad de vida:

- Fuentes de energía más respetuosas con el medioambiente: paneles fotovoltaicos, aerogeneradores, pilas de combustible, etc.
- Medicamentos más eficaces y de acción más selectiva.
- Nuevos materiales con distintas aplicaciones tecnológicas: aleaciones ligeras, fibras ópticas, grafeno, nanomateriales, etc.
- Dispositivos electrónicos con mayores prestaciones y menor coste.
- Uso generalizado de tecnologías de la información y comunicación más eficientes: inteligencia artificial, robotización, realidad aumentada, realidad virtual, Internet de las cosas, etc.
- Aplicaciones de bioingeniería: células madre, clonación, vegetales transgénicos, etc.
- Técnicas de diagnóstico médico menos invasivas: TAC, PET, RMN, etc.
- Transportes más eficientes, etc.

Esta circunstancia conlleva por un lado, el surgimiento de nuevas profesiones que precisan cada vez más de conocimiento científicos y tecnológicos, y por otra parte, la necesidad de que la ciudadanía adquiera opiniones fundamentadas sobre decisiones políticas relacionadas con la ciencia, la tecnología y sus repercusiones sociales.

Para satisfacer esta necesidad de alfabetización tecnocientífica de la ciudadanía, uno de los objetivos del sistema educativo debe ser lograr que los estudiantes a la vez que construyen actitudes, procedimientos y conceptos científicos, sepan transferirlos a nuevos contextos. Sobre esta premisa, el currículo de las asignaturas de ciencias y tecnología debe servir para desarrollar una comprensión pública de la ciencia y la tecnología (Solbes y Vilches¹, 2000) que permita la aproximación entre las dos culturas que señalara Snow².

¹ Solbes, J. y Vilches, A. (2000). Finalidades de la educación científica y relaciones CTS. En I.P.

Martins (Coord.): *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência-*

² Snow, C.P. (1959). *The two cultures and the scientific revolution*. Nueva York: Cambridge, University Press. Traducción al español (1987): *Las dos culturas*. Madrid: Alianza.

Por consiguiente, las estrechas relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) en los currículos de ciencias y tecnología para la educación secundaria permitirían dar sentido a los conocimientos que el profesorado pretende que aprendan sus estudiantes, potenciándose la funcionalidad y utilidad de los aprendizajes fuera del aula.

Además, la educación CTSA contribuiría a formar ciudadanos capaces de opinar libremente sobre muchos de los problemas de nuestro tiempo con fundamentos, conocimiento de causa y responsabilidad social, lejos de posiciones extremas en las que o bien se sacraliza la tecnociencia o bien se la denigra como responsable de todos los males que nos aquejan. La inclusión de este tipo de contenidos dentro de los currículos de ciencias y tecnología también podría ayudar a evitar rupturas entre la ciencia y la tecnología, que tienen una frontera común bastante difusa y difícil de definir en el mundo contemporáneo (Acevedo et al., 2002).

En definitiva, una enseñanza de las ciencias y la tecnología que asume como hilo conductor las relaciones CTSA aportaría las siguientes ventajas³:

- Presenta la ciencia y tecnología integradas en un contexto social.
- Supera los inconvenientes de la enseñanza científica tradicional: desinterés del alumnado hacia la ciencia y la tecnología, disminución del número de estudiantes de ciencia y tecnología, etc.
- Facilita la comprensión de los fenómenos cotidianos y la participación en la toma de decisiones sobre cuestiones sociales relacionadas con la tecnociencia.
- Desarrolla capacidades intelectuales como: pensamiento crítico, razonamiento lógico, resolución creativa de problemas, toma de decisiones, pensamiento algorítmico, etc.
- Da sentido a los conocimientos que aprenden los estudiantes, potenciando su utilidad y funcionalidad fuera del aula.
- Sirve de elemento motivador para el alumnado, favoreciendo las actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia y la tecnología.

Por otra parte, distintos estudios internacionales (PISA^{4,5}, TIMMS⁶ y PIAAC⁷) ponen de manifiesto que la población española, tanto adulta como escolarizada, presenta un nivel de competencias en resolución de problemas, ciencia y tecnología por debajo de la media de la OCDE.

³ Proyecto de Investigación Educativa: *La interacción Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente como contexto de aprendizaje de las competencias básicas* (PIV-058/14). Sierra, Roncero y Méndez.

⁴ PISA 2015. La resolución colaborativa de problemas. Resumen ejecutivo. Instituto Nacional de Evaluación Educativa.

⁵ PISA 2012. Results: Creative Problem Solving Students' skills in tackling real-life problems. OECD.

⁶ TIMMS 2015. Informe español. Instituto Nacional de Evaluación Educativa.

⁷ Programa Internacional para la Evaluación de las Competencias de la población adulta. 2013. Instituto Nacional de Evaluación Educativa.

En este contexto educativo, consideramos que un diseño adecuado de situaciones de aprendizaje basadas en la resolución de problemas significativos mediante la aplicación del pensamiento computacional, puede favorecer el aprendizaje de las competencias clave y de distintos contenidos científico-tecnológicos en educación primaria y secundaria. El escenario de los problemas propuestos permitirá tratar en el aula las relaciones CTSA. El aprendizaje del pensamiento computacional se llevará a cabo a través de actividades de programación informática y de robótica educativa.

Asimismo, la propuesta pedagógica de nuestro proyecto asume el rol fundamental del docente como creador y gestor de situaciones de aprendizaje que posibiliten la resolución de problemas, la aplicación de los conocimientos aprendidos y la promoción de la actividad de los estudiantes⁸.

Además, consideramos que el modelo didáctico de aprendizaje basado en problemas con apoyo del pensamiento computacional favorece la consecución de los siguientes objetivos generales:

- En ESO:
 - Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.
 - Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.
 - Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.
- En Bachillerato:
 - Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales.
 - Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
 - Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.

En cuanto al área de ciencias de la naturaleza en educación primaria, la normativa establece que es preciso incluir metodologías didácticas enfocadas a la resolución

⁸ Real Decreto 1105/2014 por el que se establece el currículo básico de ESO y Bachillerato.

de problemas y situaciones experimentales que permitan aplicar los conocimientos teóricos en una amplia variedad de contextos.

2.2 Relación con las líneas prioritarias de la convocatoria

El proyecto de investigación trata de generar conocimiento educativo en tres de las líneas de actuación prioritarias destacadas en la convocatoria:

- *Investigación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y la tecnología en educación primaria, secundaria, bachillerato y FP:* se trata de estudiar cómo influye la resolución de problemas mediante pensamiento computacional en la mejora del aprendizaje de algunos conceptos, procedimientos y actitudes científicas, así como del grado de adquisición alcanzado por el alumnado sobre las competencias en comunicación lingüística, en ciencia y tecnología, matemática, digital, aprender a aprender, sociales y cívicas, así como sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.
- *Organización y secuenciación de algunos contenidos curriculares de ciencias y tecnología en torno a situaciones cotidianas, problemáticas o de actualidad con relevancia social:* se trata de plantear problemas que propicien la reflexión acerca de la mutua influencia entre la sociedad, la ciencia, la tecnología y el ambiente, a la vez que promuevan el aprendizaje del pensamiento computacional y de determinados conceptos, procedimientos y actitudes científicas, mediante la programación informática y la robótica educativa.
- *Puesta en práctica de las tecnologías de la información y la comunicación:* se trata de utilizar (i) programas de simulación de fenómenos naturales y de dispositivos técnicos que reproducen situaciones socialmente relevantes, dando así la oportunidad al alumnado de investigar los efectos producidos por la modificación de ciertas condiciones físicas (Sierra⁹ et al., 2007), (ii) lenguajes de programación visual como Scratch y App Inventor para que el alumnado desarrolle su propio software, (iii) programas de ofimática como LibreOffice para que el alumnado procese datos numéricos, elabore y comunique sus informes, (iv) lenguajes de programación como processing, visualino y NXT software, que permiten programar tarjetas microcontroladoras (como Arduino) y robots educativos, , (v) utilidades de web 2.0 para generar y compartir conocimiento.

2.3 Hipótesis de trabajo

Las hipótesis que pretendemos probar con el proyecto de investigación son las siguientes:

⁹ Sierra, J.L., Perales, F.J., Sánchez, A. y Martínez, S. (2007). Aprendiendo física en bachillerato con simuladores informáticos. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 51, 89-97.

- La actitud y la motivación hacia las ciencias y la tecnología mejora cuando el alumnado se implica en la resolución de problemas relevantes utilizando la programación informática y la robótica educativa.
- El aprendizaje del pensamiento computacional aumenta la eficiencia en la resolución de problemas.
- La resolución de problemas utilizando la programación informática y la robótica educativa favorece el aprendizaje de competencias clave y de contenidos científico-tecnológicos.

2.4 Objetivos del proyecto

- Revisar la bibliografía sobre investigaciones e innovaciones educativas que estudian el aprendizaje basado en problemas aplicando el pensamiento computacional en asignaturas científico-tecnológicas de educación primaria y secundaria.
- Seleccionar y adquirir los kits de robótica educativa que mejor se adapten al alumnado participante en el proyecto (5º y 6º de primaria, 3º y 4º de ESO, FP grado medio, 1º y 2º de bachillerato).
- Motivar al alumnado desencantado con la enseñanza tradicional de las ciencias y la tecnología, favoreciendo las actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia y la tecnología.
- Desarrollar en el alumnado actitudes positivas hacia la ciencia y la tecnología.
- Reflexionar sobre las repercusiones éticas y morales de los avances tecnocientíficos.
- Propiciar los conflictos cognitivos necesarios para que el alumnado pueda construir conocimiento científico y superar sus concepciones alternativas.
- Promover la creatividad y el pensamiento computacional en el alumnado.
- Utilizar las TIC por el alumnado para acceder, gestionar, integrar y evaluar información, construir nuevos conocimientos y comunicarse con otros miembros de la comunidad educativa.
- Dar sentido a los conocimientos que aprenden los estudiantes, potenciando su utilidad y funcionalidad fuera del aula.
- Elaborar material curricular para la enseñanza de la ciencia y la tecnología en distintos niveles educativos, aplicando el modelo de aprendizaje basado en problemas y utilizando como recursos didácticos la programación informática y la robótica educativa.

3. Fundamentación y marco teórico en el que se sustenta la investigación.

3.1 El pensamiento computacional

En una famosa conferencia en TEDx el profesor Mitch Resnick, responsable del *Lifelong Kindergarten Group* del *MIT MediaLab*, afirmaba que la generación llamada “nativos digitales” era sobre todo una generación de consumidores de tecnología, familiarizados con los medios digitales pero con escasa capacidad de expresión en estos medios. El mensaje que lanzaba era claro, utilizando un símil con la lectura y escritura: *nuestros jóvenes pueden leer, pero no escribir con las TIC.*

En este sentido, Resnick considera que el Pensamiento Computacional (PC) es una manera de aprender habilidades para resolver problemas y además, un medio para expresarse a través de los medios digitales.

Jeanette Wing publicó en marzo de 2006 un influyente artículo en *Journal of the Association for Computing Machinery* afirmando que:

El PC implica resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, basándose en los conceptos fundamentales de la ciencia de la Computación. El PC incluye una amplia variedad de herramientas mentales que reflejan la amplitud del campo de la Computación.

Asimismo, Wing consideraba que el PC *representa una actitud y unas habilidades universales que todos los individuos, no sólo los informáticos, deberían aprender y usar.*

Desde entonces, este artículo ha reavivado y estimulado el debate internacional sobre la naturaleza del PC y su valor para la educación, con distintas contribuciones desde los ámbitos educativo (Informe europeo¹⁰ sobre el desarrollo del PC en la educación obligatoria), empresarial (Fundación Telefónica¹¹) y político (National curriculum for computing in the UK, Computer science curriculum framework in USA).

No obstante, el debate no es nuevo puesto que ya Papert en 1980 proponía el lenguaje de programación LOGO para que los estudiantes adquirieran pensamiento algorítmico a través de la programación de los ordenadores.

En 2011 Wing propuso una nueva definición para el concepto de PC:

El Pensamiento Computacional está constituido por los procesos de pensamiento implicados en la formulación de problemas y sus soluciones para que estas últimas estén representadas de forma que puedan llevarse a cabo de manera efectiva por un procesador de información.

La *Computer Science Teachers Association* y la *International Society for Technology in Education* (CSTA & ISTE, 2011) elaboraron una definición más operativa para el profesorado que estuviera dispuesto a implementarlo en sus aulas. En esta

¹⁰ European Commission (2016). Developing computational thinking in compulsory education: Implications for policy and practice.

¹¹ Fundación Telefónica (2017). Pensamiento Computacional: Un aporte para la educación de hoy.

definición se enumeran todas las operaciones que conforman el PC como práctica. El PC es un proceso de resolución de problemas que incluye las siguientes características:

- Formular problemas de una manera que nos permita usar un ordenador y otras herramientas para ayudar a resolverlos.
- Organizar y analizar datos de una manera lógica.
- Representar datos a través de abstracciones tales como modelos y simulaciones.
- Automatizar soluciones mediante el pensamiento algorítmico (una serie de pasos ordenados).
- Identificar, analizar e implementar posibles soluciones con el objetivo de conseguir la combinación más eficaz de pasos y recursos.
- Generalizar y transferir este proceso de resolución de problemas a una amplia variedad de problemas.

En 2015 la compañía Google propuso un curso on-line¹² para facilitar al profesorado la integración del PC en sus clases, identificando seis características principales del PC:

- Formulación de un problema y diseño de una solución basada en los principios de la computación.
- Descomposición de datos, procesos o problemas en partes más pequeñas y manejables.
- Reconocimiento de patrones, tendencias y regularidades en los datos.
- Desarrollo de algoritmos para resolver un problema y otros similares.
- Comprobación y verificación de la solución.

Csizmadia y colaboradores (2015) consideran que el PC describe los siguientes procesos de pensamiento implicados en la formulación de un problema que admita una solución computacional:

- *Abstracción*: como proceso mental por el cual un objeto o fenómeno se hace más inteligible cuando se eliminan detalles poco relevantes.
- *Pensamiento algorítmico*: indicando una secuencia clara de los pasos a seguir para resolver un problema.
- *Automatización*: consistente en programar el ordenador para que realice las tareas rutinarias con la suficiente rapidez.
- *Descomposición*: considerando un problema complejo como la superposición de distintos problemas más sencillos de abordar.
- *Depuración*: aplicando el pensamiento lógico para verificar los resultados y mejorar los procesos implicados.
- *Generalización*: identificando similitudes y patrones en los problemas resueltos anteriormente para resolver nuevos problemas.

¹² https://computationalthinkingcourse.withgoogle.com/course?use_last_location=true (URL consultada el 26-02-2018)

Asimismo el PC se caracteriza por determinadas actitudes como (Barr *et al.*, 2011; Weintrop *et al.*, 2015):

- Perseverancia ante la dificultad en los problemas.
- Capacidad de gestionar la ambigüedad.
- Capacidad de tratar problemas abiertos.
- Capacidad de colaborar con otros para lograr un objetivo.

Yadav (2014) destaca que el PC desarrolla en los estudiantes habilidades que van más allá de las meramente operacionales y técnicas, convirtiéndolos en solucionadores de problemas en lugar de usuarios de software. Por consiguiente, el PC fomenta en el alumnado la creatividad y la resolución de problemas, mejorando muchas de las técnicas de resolución de problemas que los docentes ya enseñan.

Lu y Fletscher (2009) incluso sugieren que un énfasis excesivo en las actividades de programación podría disminuir el interés del alumnado hacia la informática. Para estos autores, el PC es un modo conceptual para procesar información y tareas con el fin de resolver sistemática y eficientemente problemas complejos.

Barr y Stephenson (2011) describieron nueve conceptos principales para incorporar el PC en clase de primaria y secundaria: recogida y análisis de datos, reducción y descomposición de problemas, abstracción, algoritmos y procedimientos, automatización, procesamiento en paralelo y simulación. Por ejemplo, las destrezas de PC permitirían al alumnado procesar y analizar datos para crear artefactos.

Por otra parte, Grover y Pea (2013) consideran el PC como un proceso de resolución de problemas con las siguientes características:

1. Formulación de problemas de modo que permita usar un ordenador u otras herramientas para resolverlos.
2. Organización lógica y análisis de datos.
3. Representación de los datos mediante abstracciones tales como modelos y simulaciones.
4. Automatización de soluciones mediante el pensamiento algorítmico.
5. Identificación, análisis e implementación de posibles soluciones con el objetivo de lograr la combinación más eficiente de pasos y recursos.
6. Generalización y transferencia del proceso de resolución del problema a una amplia variedad de problemas.

Estos conceptos básicos del PC pueden ser implementados en clase a través de la creación de historias digitales (*digital storytelling*), recogida y análisis de datos, pequeñas investigaciones científicas (Lee, Martin & Apone, 2014), creando juegos (Howland & Good, 2015; Lee *et al.*, 2014; Nickerson, Brand, & Repenning, 2015), robótica educativa (Atmatzidou & Demetriadis, 2014), física (Dwyer, Boe, Hill, Franklin, & Harlow, 2013), lenguajes de programación visual como Scratch (Brennan & Resnick, 2012; Calao, Moreno-Leon, Correa, & Robles, 2015), e incluso a través del “movimiento maker” (Rode *et al.*, 2015)

Aunque el PC aplica conceptos propios de la informática, constituyen ámbitos claramente distintos. La informática es una disciplina académica que estudia los ordenadores y los sistemas computacionales, mientras que el PC hace referencia a los procesos mentales que están involucrados en la resolución de problemas complejos y en la generalización y transferencia de estos procesos de resolución de problemas a una amplia variedad de problemas (Voogt et al., 2015).

En este sentido, un informe técnico de la Royal Society¹³ (2012) define el PC como el proceso de reconocimiento de los aspectos de la computación en el mundo que nos rodea, y la aplicación de herramientas y técnicas informáticas para comprender y razonar acerca de sistemas y procesos tanto naturales como artificiales.

Settle y Perkovic (2010) consideran que el PC aporta las siguientes ventajas:

- Ofrece nuevas formas de tratar los fenómenos físicos y sociales.
- Presenta nuevos enfoques para abordar los problemas.
- Prioriza la creación de conocimiento sobre el uso de la información ya disponible.
- Enriquece la creatividad y la innovación.

Desde el punto de vista de la práctica docente, surgen dos tendencias principales que justifican la inclusión del PC en la enseñanza obligatoria:

1. El desarrollo de habilidades de PC en niños y jóvenes para que puedan pensar de manera diferente, expresarse a través de una variedad de medios, resolver problemas del mundo real y analizar temas cotidianos desde una perspectiva diferente.
2. El fomento del PC para impulsar el crecimiento económico, cubrir puestos de trabajo TIC y prepararse para futuros empleos.

Según el proyecto europeo *CompuThink*¹⁴ la mayoría de los países europeos se acogen al primer argumento para justificar la inclusión del PC en las aulas. Sólo Francia, Finlandia y Turquía consideran el fomento de la empleabilidad en el sector de las TIC como un objetivo del PC.

En la mayoría de los países, tanto dentro como fuera de Europa, la razón principal para introducir el PC en los currículos es fomentar las competencias del siglo XXI, esenciales para una participación activa y fructífera en la sociedad del conocimiento y, en un sentido más pragmático, para el empleo en un mercado de trabajo orientado a la digitalización.

Un enfoque muy generalizado en muchos países es la “Informática Desconectada” (*Computer Science Unplugged*) enseñando computación sin utilizar tecnología. Para ello, se llevan a cabo unas actividades “desconectadas” que implican la resolución

¹³ Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools. The Royal Society (2012).

¹⁴ El pensamiento computacional en la enseñanza obligatoria (CompuThink): Implicaciones para la política y la práctica. (2017). Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF). Departamento de Proyectos Europeos.

de problemas para lograr un objetivo y, en el proceso, los alumnos tratan conceptos fundamentales de computación (Bell *et al.*, 2008).

A menudo se recurre a simulaciones en las clases de ciencia para apoyar el aprendizaje, con objeto que los alumnos exploren fenómenos, se involucren en experimentos y en reflexiones del tipo “¿Qué pasaría si...?”, modificando los valores de los parámetros de la simulación (Sierra, 2005).

La familiaridad con las habilidades de PC y de la programación puede permitir al alumnado no sólo utilizar simulaciones, sino también modificar el modelo computacional subyacente, y diseñar e implementar los suyos propios y conseguir que ejecuten una simulación.

Brennan y Resnick (2012) describen tres enfoques principales para evaluar el desarrollo del PC:

- Análisis de los portfolios sobre los proyectos de los alumnos y generar una representación visual de los bloques de programación utilizados.
- Entrevistas basadas en los artefactos construidos por el alumnado.
- Diseño de situaciones de aprendizaje en las que se ofrece al estudiante un conjunto de tres proyectos con niveles de complejidad baja- media-alta y se pide al entrevistado seleccionar uno de ellos. Con el proyecto seleccionado se debe: (1) explicar en qué consiste, (2) describir cómo se puede ampliar, (3) corregir algún error y (4) modificar el proyecto añadiendo alguna característica.

Varios autores también informan del uso de tests de opción múltiple y rúbricas para evaluar las habilidades de PC de los alumnos de secundaria. Un reciente estudio de CSTA (Yadav *et al.*, 2015) resume lo que se conoce acerca de la evaluación del aprendizaje de los estudiantes de secundaria en computación en Estados Unidos.

Se han desarrollado herramientas que ayudan a los docentes a evaluar la programación y evaluar el desarrollo del PC. Un ejemplo es el programa informático *Dr. Scratch* (Moreno *et al.*, 2015), una herramienta que realiza un análisis automático de programas *Scratch*, detectando la presencia/ausencia de primitivas específicas (por ejemplo, declaraciones condicionales) en el trabajo de los alumnos. Además de proporcionar retroalimentación a docentes y alumnos, *Dr. Scratch* asigna una puntuación de PC a proyectos analizados.

3.2 La robótica educativa

Isaac Asimov acuñó el término robótica con el significado actual que aparece en el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua:

Técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales.

El término “robótica” deriva de la palabra robot¹⁵ que según la RAE significa:

Máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a las personas.

Hoy en día consideramos que un robot es cualquier artilugio mecánico que, controlado electrónicamente, puede moverse y ejecutar de forma automática diversas acciones contempladas en un programa.

La robótica adquiere una nueva dimensión cuando se implementa en el aula. Así, la *Robótica Educativa* (RE) es definida por Odorico (2004) como:

La generación de entornos de aprendizaje basados principalmente en la iniciativa y la actividad de los estudiantes. Ellos podrán concebir, diseñar, desarrollar y operar diferentes robots educativos que les permitirán resolver algunos problemas y retos previamente planteados, a la par que les facilitarán aprendizajes de diversas áreas curriculares. Es así que integra diferentes áreas de manera natural y espontánea.

La RE nació en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y tuvo como principal impulsor a Seymour Papert, quien creó en 1968 el software para niños LOGO.

La bibliografía consultada destaca diversos beneficios del uso de la robótica en el aula tanto para el alumnado como para el profesorado. Así, permite a los estudiantes fomentar su competencia científico-tecnológica, desarrollar su creatividad, su capacidad de abstracción, su pensamiento computacional, así como las relaciones interpersonales y el trabajo colaborativo. Además los alumnos aprenden a estructurar investigaciones y resolver problemas concretos, desarrollan nuevas habilidades, utilizan vocabulario especializado y toman decisiones (Odorico, 2004). Por otro lado, permiten al docente realizar acciones que desarrollen la motivación, la memoria, el lenguaje y el pensamiento lógico matemático de sus alumnos, así como el desarrollo de la ciencia y tecnología integrando conocimientos, capacidades y actitudes (Rivera, 2011).

Desde el punto de vista educativo cabe destacar principalmente dos categorías de kits robóticos: kits comerciales y kits personalizados.

Como kits comerciales se pueden agrupar todos aquellos fabricantes que proporcionan todas las piezas necesarias para la construcción de un robot, facilitando el montaje e integración de componentes bajo la garantía de una única marca y de manuales bien documentados. A este grupo pertenecen los kits comerciales VEX, K-Team, FischerTechnik¹⁶ y LEGO Mindstorms, entre otros. Alrededor del 90 % de los cursos de construcción y programación de robots

¹⁵ Del inglés *robot*, y éste del checo *robota*, que significa trabajo, prestación personal. La palabra *robot* fue utilizada públicamente por primera vez con el sentido actual por el dramaturgo Karel Čapek en su obra de 1921, R.U.R. (Rossum's Universal Robots).

¹⁶ <https://www.fischertechnik.de/en/teaching/level-of-education> (consultada el 25-02-2018)

emplean plataformas robóticas LEGO por su flexibilidad y por la sencillez de su software de programación. No obstante, presentan el doble inconveniente de su alto precio y del carácter cerrado de su entorno de programación.

Los kits personalizables son aquellos cuyos componentes proceden de diferentes fabricantes y se adquieren por separado. Por este motivo, utilizando este tipo de kits los estudiantes adquieren más conocimientos y habilidades en mecatrónica que con un kit comercial. Por lo general, los kits personalizables destacan porque son mucho más económicos y es posible manipular y programar cada componente a bajo nivel. Algunos de los kits robóticos personalizables más populares son Arduino, MBlock y Ozobot.

Monsalves (2011) propone un *Modelo Pedagógico de Robótica Educativa* (MOPRE) basado en las siguientes etapas:

- a) *Formulación del problema de la realidad*, en la que el alumnado vincula el funcionamiento de la realidad con el problema al que debe dar respuesta. Al ser problemas observables y sin solución conocida previamente, se estimula la capacidad de organización, se fortalece la investigación, la autonomía respecto del profesor y la interdependencia de los miembros del equipo.
- b) *Planificación y organización del proyecto*, a través del cual el alumno desarrolla su pensamiento abstracto y planifica las estrategias. Esta etapa se caracteriza por estimular las «capacidades sociales», fortaleciendo la creatividad de socializar soluciones nuevas e imaginar cómo concretarlas en abstracto.
- c) *Construcción del robot*, donde el aprendiz desarrolla su pensamiento concreto, investiga y busca la forma de construir la solución, analizando diversas opciones hasta encontrar una respuesta que satisfaga la realidad que desea representar. Fortalece el trabajo colectivo y la interdependencia.
- d) *Programación del robot*, que posibilita la exploración de nuevas posibilidades con el lenguaje o la investigación de lenguajes más complejos. La transferencia se manifiesta al redactar el código de programación, estableciendo relaciones con conocimientos previos de ciencia y matemática, a fin de dar solución al problema planteado.

Un ambiente de aprendizaje apoyado por la robótica educativa (RE) constituye una experiencia que contribuye al desarrollo de la creatividad (Chambers, Carbonaro & Rex, 2007) y el pensamiento de los sujetos (Wiesner-Steiner, Schelhowe & Wiesner, 2007). Esta interacción tecnológica incentiva la construcción de estrategias para la resolución de problemas (Chambers, Carbonaro & Rex, 2007; Piotrowski & Kressly, 2009), promueve la utilización del método científico para la valoración de hipótesis; estimula la apropiación de vocabulario especializado, incita la autorreflexión y valoración del proceso de aprendizaje (Miglino, Cardaci & Hautop, 1999).

Un punto clave en el papel que puede llegar a desempeñar la RE en la transformación de la práctica educativa, está en su carácter polivalente y multidisciplinario, es decir, aprendiendo a diseñar, construir y programar robots

se adquieren diferentes conceptos provenientes de distintos campos del saber, como las matemáticas, las ciencias naturales, la tecnología, entre otras (Pittí et al., 2010).

El propósito de la robótica educativa no es necesariamente enseñar a los estudiantes a convertirse en expertos en robótica, sino más bien, como señalan diversas investigaciones (Ocaña y Fundación Scientia, 2016; Bravo y Forero, 2012), favorecer el desarrollo de competencias que son esenciales para el éxito en el siglo XXI, como: la autonomía, la iniciativa, la responsabilidad, la creatividad, el trabajo en equipo, la autoestima y el interés por la investigación.

Para alcanzar este propósito es necesario diseñar nuevos ambientes de aprendizaje, nuevos "*micromundos*" como los denomina Papert, que incluyan herramientas para la exploración (*objetos con los cuales pensar*) y que dicha exploración lleve a la construcción de conocimientos.

La utilidad didáctica que puede proporcionar la robótica educativa es amplia. Al ser una herramienta versátil, admite diversas formas de utilización según los objetivos y la asignatura, valorándose especialmente por permitir a los profesores y a los estudiantes modificar su contenido y adaptarlo a sus necesidades concretas.

3.3 Aplicaciones en el aula del Pensamiento Computacional

En Andalucía durante el curso 2016-17 se ha llevado a cabo el proyecto de innovación educativa "Desarrollando las Competencias Básicas con Scratch" en el IES Blas Infante de Córdoba, con objeto de que el alumnado de matemáticas y física y química de 4º de ESO mejoraran sus competencias matemática, digital y científico-tecnológica mediante actividades de programación con Scratch.

A lo largo de los cursos 2007-08 y 2008-09, Relaño y Perea llevaron a cabo un proyecto de innovación para aplicar la robótica al aula.

En el IES Turaniana de Roquetas de Mar (Almería) se imparte la asignatura de "Robótica" en 4º de ESO y 2º de Bachillerato desde el curso 2010-11. Los alumnos que cursan estas asignaturas se muestran en general motivados y satisfechos, indistintamente del recorrido de aprendizaje que hayan seguido (Ocaña, 2010, 2012; Ocaña et al., 2015). Los profesores resaltan el desarrollo alcanzado por el alumnado en habilidades y capacidades que no son propias de ninguna asignatura del currículo y que resultan difíciles de conseguir: resolución de problemas, creatividad, autonomía e iniciativa personal, trabajo en equipo, motivación, aprendizaje colaborativo, etc.

Julià y Antolí (2016) llevaron a cabo una investigación educativa a lo largo de diez semanas con alumnos de 6º de primaria de Tarragona, utilizando la robótica para enseñar habilidades espaciales en la asignatura de matemáticas. Los resultados obtenidos de la investigación probaron que aquellos estudiantes implicados en la resolución de problemas con ayuda de robots mejoraron significativamente sus

habilidades espaciales con respecto a otros estudiantes siguiendo una metodología tradicional.

Barker y Ansorge (2007) mostraron que el uso de un currículum de ciencia y tecnología basado en la robótica mejoró el rendimiento del alumnado en las asignaturas científicas.

Asimismo, Barak y Zadok (2009) elaboraron proyectos de robótica como una forma de introducir conceptos de ciencia, tecnología y resolución de problemas para alumnos de instituto.

Coxon (2012) comprobó que cuando el alumnado de 9 a 14 años utiliza LEGO robótica en sus clases consigue mejores puntuaciones en los tests de habilidades espaciales.

Dwyler et al. (2013) utilizaron Scratch con sus alumnos de 4º a 6º de primaria para enseñar fenómenos físicos.

Sengupta et al. (2013) desarrollaron dos unidades didácticas para estudiantes de secundaria en las que la indagación científica y el diseño algorítmico son aplicados en un entorno de programación con objeto de diseñar, evaluar y mejorar distintos modelos sobre cinemática y ecología.

Un ejemplo sobre cómo se puede fomentar el PC en los niños más jóvenes fue llevado a cabo por Bers y sus colaboradores (2014), elaborando un currículum de robótica educativa para enseñar matemáticas y lengua.

Por otra parte, la CSTA y la ISTE con ayuda económica de la National Science Foundation han elaborado en EEUU una secuencia de nueve experiencias de aprendizaje de distintas asignaturas del currículo de primaria y secundaria, que permiten aplicar en el aula las distintas destrezas y actitudes propias del PC (CSTA & ISTE, 2011).

Calao y colaboradores (2015) realizaron una investigación educativa con estudiantes de 6º curso de primaria de Colombia para probar que el uso de la programación mejoraría el rendimiento en las clases de matemáticas. Los resultados obtenidos mostraron un incremento estadísticamente significativo en la comprensión de los procesos matemáticos en aquellos estudiantes que utilizaron el programa Scratch.

Futschek y Moschitz (2011) diseñaron actividades de aprendizaje de conceptos básicos del pensamiento algorítmico para estudiantes de primaria, utilizando distintos objetos tangibles para jugar y el entorno de programación Scratch.

Vega-Moreno y colaboradores (2016) llevaron a cabo el proyecto EDUROVs, basado en la construcción de un robot submarino por parte de estudiantes de secundaria, a partir de materiales de bajo coste usando arduino y software libre.

Diosdado (2013) diseñó una serie de secuencias didácticas con el kit *moway* para enseñar robótica y pensamiento computacional a los estudiantes de Tecnología de 3º de ESO.

Albir (2014) aplicó la robótica para las prácticas de laboratorio de la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato.

Para acercar la robótica al público en general y para atraer a estudiantes que se interesen por formarse en técnicas robóticas, en los últimos años diferentes organizaciones vienen organizando concursos y competiciones de robots educativos tanto móviles como humanoides. Entre ellos cabe mencionar a nivel internacional las competiciones que promueve desde 1992 la AAAI (American Association for Artificial Intelligence) donde se evalúan la navegación autónoma de robots, la manipulación robótica y la interacción hombre-robot.

Desde 1997 la *Robocup* ofrece competiciones de fútbol entre equipos de robots, así como competiciones de baile. También destacan las múltiples competiciones de LEGO extendidas internacionalmente en distintos niveles educativos.

Aproximadamente un 90 % de las actividades de RE aplican los robots Lego con sus distintas variantes NXT, RCX and EV3 (Daidie et al., 2007; Hsiu et al., 2003; Tiponut, et al., 2006), aunque en ningún caso se evalúa el aprendizaje alcanzado por el alumnado. La mayoría de estas experiencias educativas se desarrollaron como actividades extraescolares o en el contexto de un campus de verano.

Diversos investigadores describen experiencias de aula en las que el profesor integra actividades educativas con robots en su actividad docente. En ellas se pone de relieve una mejora del aprendizaje en áreas de conocimiento STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) gracias al uso de la robótica (Hussain et al., 2006; Lindh & Holgersson, 2007; Barker & Ansorge, 2007; Williams et al., 2007; Nugent et al., 2008, 2009; Sullivan, 2008; Owens et al., 2008; Whittier & Robinson, 2007) aunque no se indican evidencias científicas de mejoras estadísticamente significativas.

Se han documentado mejoras de aprendizaje en los siguientes ámbitos de conocimiento:

- Matemáticas (Barker & Ansorge, 2007; Nugent et al., 2009)
 - En estudiantes de 5º grado (Hussain et al., 2006)
 - En estudiantes con rendimiento medio (Lindh & Holgersson, 2007)
 - En el estudio de fracciones, proporciones y geometría (Nugent et al., 2008)
- Programación y conceptos geoespaciales (Barker & Ansorge, 2007; Nugent et al., 2008, 2009)
- Principios básicos de evolución (Whittier & Robinson, 2007)
- Dinámica (Williams et al., 2007)
 - Distancias and ángulos (Mitnik et al., 2008)
 - Cinemática, construcción e interpretación de gráficas (Mitnik et al., 2008)
- Sistemas (Sullivan, 2008)

Se han documentado mejoras de aprendizaje en los siguientes procedimientos y habilidades:

- Destrezas de pensamiento: observación, estimación y manipulación (Sullivan, 2008).
- Procedimientos científicos: evaluación de soluciones, emisión y contrastación de hipótesis y control de variables (Sullivan, 2008); manipular, razonar, predecir, emitir hipótesis, analizar y comprobar (Slangen et al., 2011).
- Interacciones sociales (Mitnik et al., 2008; Owens et al., 2008)
- Resolución de problemas (Nugent et al., 2009)

La robótica resultó ser una herramienta efectiva para desarrollar habilidades colaborativas en los estudiantes (Varney et al., 2012), ya que favorece las situaciones de aprendizaje en las que el alumnado discute, resuelve problemas, trabaja con sus iguales y articula su conocimiento para construir robots (Chang et al., 2010).

Hussain y colaboradores (2006) así como Lindh y Holgersson (2007) resaltan la importancia del profesor en las actividades educativas con robots, estimulando a los estudiantes en su trabajo escolar y transmitiéndoles actitudes positivas que influirán en la percepción del alumnado sobre los robots. Los equipos de trabajo no serán demasiado grandes (máximo 2 ó 3 alumnos por equipo) y las tareas encomendadas deben ser relevantes y realistas para ser resueltas. Es importante que los estudiantes puedan relacionar el material didáctico con su actividad escolar diaria y las distintas asignaturas.

Williams (2007), Nugent (2008) y colaboradores aconsejan la incorporación de breves comentarios en las actividades de resolución de problemas para facilitar la correspondencia entre los conceptos científicos y la realidad. Asimismo, estos autores destacan la importancia de que los estudiantes puedan explorar el kit de robótica antes de iniciar el trabajo de diseño y resolución de problemas.

Beser (2011) realiza una revisión exhaustiva de los distintos kits de robótica educativa disponibles en el mercado y propone una aplicación concreta del lego mindstorm.

Carrasco (2016) diseña una propuesta didáctica con el kit de Lego para enseñar distintas asignaturas de 5º de educación primaria.

3.4 El aprendizaje basado en problemas

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es un método de enseñanza constructivista que se basa en el trabajo colaborativo y autónomo del alumnado a partir de las orientaciones facilitadas por el profesor. Barrows (1986) define al ABP como “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos

Ya en los años 30, Dewey afirmaba la necesidad de utilizar problemas cercanos a la vida cotidiana de los alumnos a través de técnicas basadas en la resolución de problemas (Dewey, 1938). La metodología ABP se aplicó en las aulas por primera vez en 1969 en la Facultad de Medicina de la Universidad McMaster de Ontario (Birch, 1986).

A partir de los resultados positivos obtenidos, esta metodología se fue aplicando a distintos ámbitos sanitarios (enfermería, farmacia y odontología), utilizando problemas cotidianos presentados de modo semi-estructurado, lo cual motivaba al alumnado en su aprendizaje (Lee y Bae, 2008).

Desde entonces se han realizado numerosos estudios en los que se exponen los beneficios del ABP tanto en el rendimiento de la enseñanza, la motivación de los alumnos, el desarrollo de las capacidades analíticas y el aprendizaje integral de competencias no sólo científicas sino de ámbito general y transversal (Webb, 1999; números especiales de las revistas *Instructional Science* en 1995 y *Journal of Education of the Gifted* en 1997, *Alambique*, junio 1995; revistas especializadas en ABP como *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*).

En un proceso de aprendizaje basado en problemas los estudiantes trabajan juntos y estructuran su propio conocimiento mediante la indagación y la resolución de problemas. Esta metodología resalta el autoaprendizaje para lo cual requiere del alumnado destrezas cognitivas de alto nivel, como pensamiento crítico, indagación, análisis y pensamiento lógico.

Se presentarán situaciones del mundo real del alumnado (motivación, relevancia del aprendizaje) que estimulen para buscar nueva información y sintetizarla en el contexto del problema (conciencia de las necesidades de conocimiento). Para resaltar la naturaleza real del problema, los estudiantes deben desempeñar un papel específico y relevante en el escenario del problema. El trabajo en pequeños grupos facilita el desarrollo de destrezas no cognitivas: negociación, mediación, cooperación, organización del trabajo, autorregulación del aprendizaje. Asimismo, se desarrollan destrezas interpersonales, respeto y consideración mutuas. El profesor se convierte en el facilitador o “coach” de cada pequeño grupo. Se fomentan destrezas de “aprender a aprender”.

Un aprendizaje basado en problemas ayuda a los estudiantes a desarrollar la competencia de “aprender a aprender” y a usar distintas habilidades cognitivas tales como discutir, argumentar, indagar y pensar críticamente (Severiens & Schmidt, 2009).

Barrel (1999) y posteriormente, Ceker y Ozdamli (2016) señalan las siguientes razones que fundamentan la importancia didáctica del ABP:

- Se fomenta el pensamiento crítico, una comprensión más profunda de las situaciones problemáticas debido a la aplicación de estrategias de indagación y de reflexión sobre la práctica.

- Se favorece la autorregulación del aprendizaje, así como una mayor retención y transferencia de la información y los conceptos.
- El aprendizaje es mayor cuando las personas usan la información de manera significativa.
- Se incrementa significativamente el uso de estrategias para la resolución de problemas y de trabajo en equipo.
- Aumenta la motivación del alumnado y la responsabilidad sobre su propio aprendizaje.

Chin y Chia (2004) aplican la metodología ABP en las clases de biología de primaria a partir de preguntas planteadas por los propios estudiantes, lo que incrementa su motivación en el proceso de aprendizaje.

Merritt y colaboradores (2017) realizan una profunda y extensa revisión de 504 publicaciones en revistas científicas internacionales, que tratan sobre la metodología ABP aplicada en distintos contextos educativos. Entre otras conclusiones, los autores destacan la escasez de estudios sobre ABP en las clases de matemáticas y ciencias en primaria y secundaria.

El desarrollo de la metodología ABP puede dividirse en las siguientes fases (Morales y Landa, 2004):

1. Leer y analizar el escenario del problema
2. Realizar una lluvia de ideas
3. Hacer una lista con aquello que se conoce
4. Hacer una lista con aquello que se desconoce
5. Hacer una lista de aquello que necesita hacerse para resolver el problema
6. Definir el problema
7. Obtener información
8. Presentar resultados

3.5 Las competencias clave

Constituyen capacidades de resolver problemas o situaciones que la vida presenta en un contexto determinado, movilizando conocimientos, habilidades y valores a la vez y de forma interrelacionada (Al·lès, 2010).

El trabajo por competencias se basa en el diseño de tareas motivadoras para el alumnado que partan de situaciones-problema reales y se adapten a los diferentes ritmos y estilos de aprendizaje de cada estudiante, favorezcan la capacidad de aprender por sí mismos y promuevan el trabajo en equipo, haciendo uso de métodos, recursos y materiales didácticos diversos¹⁷.

¹⁷ Orden de 17 de marzo de 2015 por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Primaria en Andalucía.

Las competencias clave requieren un aprendizaje situado, es decir, un aprendizaje vinculado a un determinado contexto y a unas determinadas tareas en las que las personas tendrán que resolver situaciones problema a través de las que irán adquiriendo las competencias necesarias.

Se establece a continuación algunas orientaciones metodológicas relevantes para la adquisición de las competencias como un elemento fundamental que debe orientar el proceso de enseñanza-aprendizaje:

- a) Priorizar la reflexión y el pensamiento crítico del alumnado. Un alumnado reflexivo relaciona nuevos conocimientos con los que ya sabe, establece relaciones entre las diferentes áreas y materias, adapta los conocimientos a sus propias necesidades y convierte el pensamiento en acción. En este sentido, el objetivo no es sólo saber, sino saber aplicar lo que se sabe y hacerlo en diferentes contextos y situaciones.
- b) Propuesta de diferentes situaciones de aprendizaje que activen en el alumnado procesos cognitivos variados, tales como: reconocer, analizar, discriminar, aplicar, resolver, establecer semejanzas y diferencias, localizar, identificar.
- c) Contextualización de los aprendizajes. Debemos aprovechar las oportunidades de aprendizaje creadas en el contexto del aula y fuera de ella. Se debe ofrecer al alumnado la oportunidad de encontrarse con un nuevo aprendizaje más allá de la enseñanza en áreas y materias independientes, que le permita transferir sus aprendizajes a contextos distintos al escolar.
- d) Utilización de diferentes estrategias metodológicas, que potencien la autonomía del alumnado y su creatividad, de tal manera que sean capaces de tomar decisiones sobre su propio aprendizaje. Se deben proponer tareas relacionadas con la solución de problemas reales en contextos auténticos que reflejen su funcionalidad para otras situaciones.
- e) Alternancia de diferentes tipos de actuaciones, actividades y situaciones de aprendizaje, tales como la elaboración de proyectos, trabajo por tareas, trabajos investigativos y resolución de problemas cotidianos.
- f) Potenciación de una metodología investigativa. La investigación, por parte del alumnado, propicia el desarrollo de la autonomía personal. En este sentido, se pueden llevar a cabo actuaciones tales como identificación y caracterización de problemas o establecimiento de hipótesis, por parte del alumnado, en relación con los problemas planteados.

4. Metodología

El proyecto pretende estudiar la influencia del aprendizaje basado en problemas con el apoyo del pensamiento computacional (programación informática y robótica educativa) sobre la adquisición de competencias clave y la asimilación de

contenidos científico-tecnológicos por parte del alumnado de primaria y secundaria.

Para ello, el profesorado seguirá una metodología de investigación-acción, enfocada como una indagación práctica cuya finalidad será la mejora de la práctica educativa de la enseñanza de las ciencias y la tecnología, a través de sucesivos ciclos, cada uno de los cuales aúna las fases de planificación, acción, observación y reflexión (Latorre¹⁸, 2003).

Las situaciones problemáticas que el alumnado abordará en clase estarán referidas a *cuestiones sociales de la ciencia y la tecnología* y *Procesos y productos tecnológicos*.

Si al finalizar un ciclo no se han conseguido los objetivos planificados, entonces se revisa y replantea el plan de trabajo, comenzando un nuevo ciclo, y así sucesivamente hasta alcanzar los objetivos propuestos.

El profesorado participante llevará a cabo colaborativamente las siguientes actuaciones:

a) *Planificación (para cada asignatura y nivel educativo):*

- a. Análisis de las referencias bibliográficas sobre aprendizaje basado en problemas y pensamiento computacional.
- b. Selección de las competencias clave y sus indicadores de logro.
- c. Selección de los objetivos y contenidos científicos.
- d. Selección de los recursos didácticos: lenguaje de programación, kit de robótica, ordenador, tableta, etc.
- e. Diseño de una wiki para planificar la investigación y registrar el trabajo que se va desarrollando.
- f. Elaboración de cuestionarios para diagnosticar en el alumnado su nivel de:
 - Conocimiento acerca de los conceptos y procedimientos científicos y tecnológicos que se pretenden enseñar
 - Actitudes y creencias sobre la ciencia y la tecnología.
 - Pensamiento computacional.
- g. Elaboración de rúbricas para evaluar las competencias clave y las habilidades de resolución de problemas.

¹⁸ Latorre, A. (2003). La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa. Barcelona: Editorial Graó.

- h. Diseño de distintos módulos de enseñanza en los que se propone al alumnado un problema abierto para cada materia y nivel educativo, que debe ser resuelto colaborativamente siguiendo las fases de Morales y Landa (2004) y aplicando el pensamiento computacional (escribiendo un algoritmo, codificando en un lenguaje de programación y/o programando un robot). El profesorado ofrecerá al alumnado la información estrictamente necesaria para que tenga éxito en la resolución de los problemas propuestos. De este modo el alumnado mantendrá una mayor autonomía en su proceso de aprendizaje.

b) Acción en el aula:

- a. Cumplimentación por parte del alumnado de los correspondientes tests sobre conceptos y procedimientos científicos antes (pretests) y después (postests) de aplicar en el aula cada módulo de enseñanza.
- b. Cumplimentación del test sobre actitudes y creencias acerca de la ciencia al inicio del proyecto de investigación y a la finalización del mismo.
- c. Cumplimentación del test sobre pensamiento computacional al inicio del proyecto de investigación y a la finalización del mismo.
- d. Aplicación en el aula del módulo de enseñanza elaborado, siguiendo las indicaciones prescritas para su desarrollo óptimo (asignatura y nivel educativo, nº de sesiones, organización del grupo de estudiantes, tipo de aula, recursos didácticos disponibles para la resolución de los problemas, etc).

c) Observación:

- a. Registro en la wiki por parte del profesorado de los aspectos más significativos de la actividad diaria de su alumnado.
- b. Aplicación de las rúbricas para evaluar las competencias clave y las habilidades de resolución de problemas.
- c. Entrevistas semi-guiadas con algunos estudiantes para obtener información acerca del nivel alcanzado de comprensión de conceptos y procedimientos científicos, así como de sus impresiones sobre la experiencia educativa.

d) Reflexión:

- a. Tratamiento de los resultados obtenidos en los cuestionarios.
- b. Comprobación de la validez y fiabilidad estadística de los cuestionarios elaborados.
- c. Análisis de los datos obtenidos de las entrevistas con el alumnado, las rúbricas de evaluación y de los diarios de clase del profesorado.

Estas fases están presentes en los distintos ciclos que constituyen la investigación-acción, de manera que las conclusiones obtenidas en la fase de reflexión de un ciclo nos orientarán para el trabajo de planificación y acción del siguiente ciclo.

El alumnado participante en el proyecto pertenece a los siguientes niveles educativos:

- Necesidades educativas especiales.
- 5º y 6º de primaria.
- 3º y 4º de ESO.
- Educación Secundaria de Adultos.
- 1º y 2º de bachillerato presencial y semipresencial.
- 1º curso de un ciclo de Grado Medio de FP.

5. Resultados esperados

- Evidencias de la eficacia didáctica del aprendizaje basado en problemas con ayuda del pensamiento computacional para la enseñanza de las ciencias y la tecnología en distintos niveles educativos.
- Mejora significativa de la actitud del alumnado hacia la ciencia y la tecnología, así como de la comprensión de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente.
- Mejora significativa del aprendizaje de los conceptos y procedimientos científicos trabajados en el proyecto.
- Mejora significativa del grado de adquisición de las competencias clave y del pensamiento computacional.
- Utilización de aplicaciones Web 2.0 para buscar, generar y almacenar información relevante para el desarrollo de la investigación, así como para coordinar la actividad del profesorado: Google Drive y Wikispaces.
- Desarrollo de una wiki como plataforma educativa en la que se registrará la actividad desarrollada por el profesorado y el alumnado participante en el proyecto.

- Diseño de instrumentos y procedimientos de evaluación de las competencias clave, del pensamiento computacional y de las habilidades para la resolución de problemas.
- Material curricular elaborado con exelearning para la enseñanza de las ciencias y la tecnología utilizando como hilo conductor la resolución de problemas significativos en el marco de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente. Cada ficha didáctica tendrá la siguiente estructura:
 - Bloque temático tratado (curso y materia)
 - Orientaciones para el profesorado
 - Objetivos y competencias básicas tratadas
 - Recursos didácticos utilizados
 - Situaciones problemáticas propuestas al alumnado y su secuencia temporal.

Los contenidos preseleccionados de los reales decretos de enseñanza mínimas para ser abordados en el aula con la metodología propuesta son los siguientes:

Física y Química de 3º ESO

- La actividad científica.
- Valoración de las repercusiones de la electricidad en el desarrollo científico y tecnológico y en las condiciones de vida.
- Valoración de las repercusiones de la fabricación y uso de materiales y sustancias frecuentes en la vida cotidiana.

Tecnologías de 3º de ESO

- Análisis de los materiales de uso técnico.
- Experimentación de los efectos de la corriente eléctrica. Aplicaciones y simulación para circuitos y sus montajes. Usos de la energía eléctrica. Valoración crítica de los efectos del uso de la energía eléctrica sobre el medio ambiente.

Física y Química de 4º ESO

- La actividad científica.
- Identificación de fuerzas que intervienen en la vida cotidiana: formas de interacción.
- Valoración del papel de la energía en nuestras vidas. Naturaleza, ventajas e inconvenientes de las diversas fuentes de energía.
- Los problemas y desafíos globales a los que se enfrenta hoy la

humanidad: contaminación sin fronteras, cambio climático, agotamiento de recursos, pérdida de biodiversidad, etc.

- Contribución del desarrollo tecnocientífico a la resolución de los problemas. Importancia de la aplicación del principio de precaución y de la participación ciudadana en la toma de decisiones.

Tecnología de 4º de ESO

- Uso de simuladores para analizar el comportamiento de los circuitos electrónicos.
- Utilización de tecnologías de la comunicación de uso cotidiano.
- Diseño y construcción de robots. Uso del ordenador como elemento de programación y control.
- Trabajo con simuladores informáticos para verificar y comprobar el funcionamiento de los sistemas diseñados.

Ciencias aplicadas a la actividad profesional de 4º de ESO

- Proyecto de investigación.

Física y Química de 1º Bachillerato

- La actividad científica.
- Importancia de la educación vial. Estudio de situaciones cinemáticas de interés, como el espacio de frenado, la influencia de la velocidad en un choque, etc.
- Estudio de algunas situaciones dinámicas de interés: peso, fuerzas de fricción, tensiones y fuerzas elásticas.
- La energía eléctrica en las sociedades actuales: profundización en el estudio de su generación, consumo y repercusiones de su utilización.

Tecnología Industrial de 1º de Bachillerato

- Nuevos materiales.
- Impacto ambiental producido por la obtención, transformación y desecho de los materiales.
- Montaje y experimentación de instalaciones de transformación de energía.
- Consumo energético. Técnicas y criterios de ahorro energético.

Física de 2º Bachillerato

- La actividad científica.
- Aplicaciones de las ondas al desarrollo tecnológico y a la mejora de

las condiciones de vida. Impacto en el medio ambiente.

- Inducción electromagnética. Producción de energía eléctrica, impactos y sostenibilidad. Energía eléctrica de fuentes renovables.
- Valoración del desarrollo científico y tecnológico que supuso la Física moderna.

Electrotecnia de 2º Bachillerato

- Ciencia y Electrotecnia

Química de 2º Bachillerato

- La actividad científica.
- Propiedades de algunas sustancias de interés biológico o industrial en función de la estructura o enlaces característicos de la misma.
- Aplicaciones energéticas de las reacciones químicas. Repercusiones sociales y medioambientales.
- Aplicaciones y repercusiones de las reacciones de oxidación reducción: pilas y baterías eléctricas.
- Polímeros y reacciones de polimerización. Valoración de la utilización de las sustancias orgánicas en el desarrollo de la sociedad actual. Problemas medioambientales.

Tecnología Industrial de 2º de Bachillerato

- Experimentación en simuladores de circuitos sencillos de control.
- Aplicación al control del funcionamiento de un dispositivo.
- Circuitos de control programado. Programación rígida y flexible: Domótica.

Ámbito científico-tecnológico de Educación Secundaria de Adultos

- Recursos energéticos
- Electrónica y nuevos avances tecnológicos en el campo de la comunicación.

Ciencias de la Naturaleza de Educación Primaria

- Iniciación a la actividad científica
- Tecnología, objetos y máquinas

6. Planificación

El proyecto de investigación se llevaría a cabo durante dos años con la siguiente distribución de tareas:

Primer año:

- *Primer cuatrimestre:*
 - Revisión y análisis de la bibliografía educativa.
 - Adquisición de un número suficiente de kits de robótica educativa destinados a cada uno de los centros educativos implicados en el proyecto.
 - Selección de los objetivos didácticos, competencias clave, recursos didácticos y contenidos científicos a enseñar.
 - Elaboración y planificación del material curricular específico para cada etapa educativa (educación primaria, educación secundaria obligatoria, bachillerato y FP de grado medio).
 - Elaboración de los cuestionarios de diagnóstico y las rúbricas de evaluación
- *Segundo cuatrimestre:*
 - Cumplimentación de los pretests por parte del alumnado.
 - Validación en el aula del material curricular elaborado.
 - Evaluación, revisión y análisis de los resultados.
 - Prescripción de las modificaciones necesarias tanto del material curricular como de su implementación en el aula.

Segundo año:

- *Primer cuatrimestre:*
 - Reelaboración del material curricular validado durante el curso anterior teniendo en cuenta las modificaciones prescritas .
 - Elaboración de nuevo material curricular.
- *Segundo cuatrimestre:*
 - Validación en el aula del material, evaluación, revisión y análisis de los resultados
 - Incorporación de posibles mejoras en el material curricular y su implementación en el aula.
 - Cumplimentación de los postests por parte del alumnado.