La robótica educativa como herramienta de desarrollo del pensamiento computacional en Educación Primaria

Trabajo Final de Máster

Universitat Oberta de Catalunya

Máster Universitario de Educación y TIC (eLearning)

Especialidad: Diseño Tecno-pedagógico

Profesora: Laia Albó Pérez

Autor: Francisco Roca Pérez

Madrid, 7 de junio de 2021

RESUMEN DE LA PROPUESTA Y PALABRAS CLAVE

Las tecnologías de la información y las comunicaciones han transformado el escenario económico y social, así como los métodos y procesos educativos. La necesidad de adquirir las competencias y capacidades necesarias en el siglo XXI está impulsando metodologías y objetivos de aprendizaje orientados al desarrollo de las habilidades propias del pensamiento computacional. La robótica educativa está siendo estudiada como una herramienta idónea en ese campo. Sin embargo, las investigaciones ponen de manifiesto que todavía no existen suficientes recursos y soluciones de diseño instruccional robótico que faciliten la adquisición de dichas habilidades, que el campo de estudio está mayoritariamente focalizado en las enseñanzas STEM, y que una gran parte de docentes aún no están suficientemente familiarizados con estos conceptos.

Este trabajo final de máster pretende investigar la conexión entre la robótica educativa y el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Primaria, mediante una revisión de la literatura más reciente, con el objetivo de identificar sus principales líneas de correspondencia y las metodologías más efectivas para su implementación.

Palabras clave

Robótica educativa; pensamiento computacional; educación primaria; teoría constructivista; construcción de robots; programación de robots; entorno construccionista; STEM.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN 4

2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN 5

3.- OBJETIVOS 7

4.- ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO 7

4.1.- ANTECEDENTES 7
4.1.1.- Tema 1 - Utilidad de pensamiento computacional 8
4.1.2.- Tema 2 - Cómo se enseña pensamiento computacional 10
4.1.3.- Tema 3 - Eficacia de la robótica educativa en el desarrollo del pensamiento computacional 11
4.1.4.- Tema 4 - integración de la robótica educativa en el currículo escolar 13
4.1.5.- Tema 5 - Soluciones y buenas prácticas para su implementación en Educación Primaria 15
4.2.- MARCO TEORICO 15
4.2.1.- Robótica Educativa 15
4.2.2.- Pensamiento computacional 17
4.2.3.- Teoría constructivista 18
4.2.4.- Entornos construccionistas de la educación 19

5.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DEL TEMA 20

5.1- EVOLUCIÓN DE LA PROBLEMATICA 20
5.2.- CORRESPONDENCIAS ENTRE ROBÓTICA EDUCATIVA Y PENSAMIENTO COMPUTACIONAL 21
5.3.- DISEÑO INSTRUCCIONAL Y BUENAS PRÁCTICAS 21
5.4.- IMPLICACIONES DE COMPROMISO ETICO Y RESPONSABILIDAD SOCIAL 24

6.- CONCLUSIONES 25

7.- LIMITACIONES 26

8.- LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO 27

9 - REFERENCIAS 28

10.- ANEXOS 33

10.1.- TABLA Nº 1. EJEMPLO DE INICIATIVA EDUCATIVA ROBÓTICA EN EMEDIA: CONSTRUIR UN COCHE-ROBOT SIN CONDUCTOR 33
10.2.- TABLA Nº 2. EJEMPLO DE INICIATIVA EDUCATIVA ROBÓTICA EN EMEDIA: CONSTRUIR UN BRAZO ROBÓTICO HUMANOIDE 34
10.3.- TABLA Nº 3. EJEMPLO DE INICIATIVA EDUCATIVA ROBÓTICA EN ER4STEM: CONSTRUIR UN ROBOT Y HACERLO INTELIGENTE 35

1.- INTRODUCCIÓN

Este trabajo final de master (TFM) tiene como finalidad estudiar y exponer la influencia educacional de las actividades relacionadas con la construcción de robots y su programación en el refuerzo de las habilidades asociadas al pensamiento computacional, principalmente las relativas a la resolución de retos mediante la descomposición de tareas, la exploración de soluciones eficientes y el diseño de algoritmos. Todas ellas pertenecen al núcleo de competencias claves que se requieren en el siglo XXI (Noh & Lee, 2020).

En los últimos años ha crecido el interés por el fomento del pensamiento computacional en la Educación Primaria (Caballero-González & García-Valcárcel, 2020), dada su influencia en la adquisición de habilidades cognitivas y de competencias digitales. Por esta razón, en un creciente número de países ha pasado a formar parte integral del currículo escolar, entre otros, Estonia, Israel, Finlandia, Reino Unido y España (García-Peñalvo *et al.*, 2019). En la consecución de ese objetivo, y particularmente en relación con los conocimientos STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics; Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), la robótica educativa se está demostrando como un factor que contribuye significativamente a su mejora (Zhang *et al.*, 2021).

Este TFM se enmarca en la teoría constructivista y en los entornos construccionistas de la educación. La teoría constructivista postula que el alumnado pasa de ser un receptor pasivo de estímulos externos, generados por el docente, para ser participe activo de la construcción de su conocimiento a través de acciones y experiencias propias y directas (Reyero Sáez, 2019). Los entornos construccionistas ponen el foco en la construcción e interacción, tanto física como mental, de artefactos en los procesos de enseñanza, fomentando las habilidades de solución de problemas y generando con ello nuevo conocimiento (Dolgopolovas *et al.*, 2019).

Este documento está compuesto de diversos apartados. En el Planteamiento del problema y justificación se expone la necesidad educativa de la que parte el TFM, y se justifica su interés, tanto desde el punto de vista de los procesos de enseñanza y aprendizaje, como desde una perspectiva educacional y social más amplia. En Antecedentes y marco teórico se realiza una reflexión acerca del estado actual de las investigaciones y experiencias previas sobre la temática del TFM, se describe el marco teórico en el que se apoya la temática estudiada, resumido en el párrafo precedente, y se definen e interpretan los conceptos clave del campo de estudio. En el Análisis y discusión del tema se expone la evolución de la problemática en el contexto de este

TFM, se realiza una reflexión crítica de los planteamientos observados en la revisión de la literatura, y se ofrecen líneas de actuación práctica. En las Conclusiones se describen las razones que han justificado el análisis realizado, y se detallan las coincidencias entre los objetivos del trabajo y el análisis desarrollado. Finalmente, se exponen las limitaciones encontradas en la elaboración del TFM y se sugieren líneas futuras de trabajo para profundizar en este campo de estudio

2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Este TFM parte de una problemática real y actual, que se centra en la necesidad de fomentar cambios y ajustes en la educación de las personas, para que ésta provea los contenidos y las herramientas necesarias para que el alumnado pueda adquirir las habilidades imprescindibles en el siglo XXI. En ese contexto, el pensamiento computacional constituye una habilidad fundamental en la vida diaria de las personas (Haseski *et al*., 2018). Por su parte, Habets *et al.* (2020) señalan que en el siglo XXI el número de empleos focalizados en la realización de tareas repetitivas se reducirá, resultando en un aumento de la complejidad y las dinámicas de los nuevos trabajos, donde las habilidades para la solución de problemas se revelarán cruciales a la hora de tener acceso a los mismos. Los autores clarifican que las habilidades de resolución de problemas ad hoc han venido siendo algo cotidiano, pero la diferencia estriba en que se precisarán conocimientos mucho más profundos y habilidades mucho mejor entrenadas, lo que deberá reflejarse en los procesos y contenidos educativos.

Adicionalmente, la robótica y el pensamiento computacional son factores clave en el impulso a la Cuarta Revolución Industrial (4IR), focalizada en la automatización y la inteligencia artificial. Nuevamente, esto plantea importantes retos para la formación y la empleabilidad de las personas a corto y medio plazo (Min *et al*., 2019). Un reciente informe de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) señala que en la actualidad un 14% de los empleos está en alto riesgo por la automatización (OECD, 2021). Por todo ello, es fundamental que a través del pensamiento computacional, el alumnado pueda reforzar su comprensión de los mecanismos y de los efectos derivados de la 4IR, y de esta forma, que desarrolle la capacidad de analizar críticamente, y de formar su propia opinión, en relación con los beneficios y los riesgos inherentes a dicho proceso (Gemmell *et al*., 2021).

Pese al reconocimiento de la importancia del desarrollo de habilidades de pensamiento computacional, continúa existiendo un notable déficit de investigaciones que lo aborden. Una reciente revisión del estado de la cuestión en la robótica educacional (Anwar *et al.*, 2019), revela la escasez de artículos que relacionan dicho concepto con el pensamiento computacional, citando únicamente tres artículos de los años 2006, 2008 y 2014. Con posterioridad al alcance temporal de la citada revisión se han publicado algunas investigaciones adicionales, aunque la mayoría de ellas se han centrado en las etapas de Educación Secundaria y Educación Superior, evidenciando un déficit de investigaciones con estudiantes de Educación Primaria (Chalmers, 2018; Kyriazopoulos *et al*., 2021). Se trata, por lo tanto, de un campo con amplias oportunidades para profundizar en su investigación, y en ese sentido que este TFM busca contribuir a exponer la correspondencia entre la robótica educativa y el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Primaria, e identificar buenas prácticas para implementar actividades de aprendizaje con ese fin.

Abundando en lo expuesto en el párrafo anterior, así mismo existe una significativa escasez de investigaciones académicas y de conocimiento científico sobre diseño instruccional en robótica educativa. El trabajo que revisa ese temática de manera más comprensiva, es el meta-análisis de Xia y Zhong (2018) sobre 22 artículos entre los años 2007 y 2017, que contienen sugerencias instruccionales de carácter general para etapas educativas diversas. En contraste con lo que precede, existe abundancia de información de carácter práctico en numerosas websites, blogs y videos de YouTube donde se disemina información sobre novedades tecnológicas en robótica, y consejos sobre como impartir contenidos específicos e implementar proyectos prácticos. Pero esas informaciones no están contrastadas, ni tampoco es fácil establecer la calidad y fiabilidad de las fuentes. En consecuencia, éste también es un campo de estudio con amplias oportunidades para la investigación, de cuyo avance resultará muy beneficiado el colectivo de docentes, así como la calidad y eficacia de las actividades de aprendizaje.

Finalmente, conviene señalar que la robótica educativa es completamente adaptable a la enseñanza en línea. Esto es entendible sin dificultades en lo tocante a las acciones formativas centradas en la programación de robots, donde el trabajo con los contenidos didácticos y la realización de los ejercicios prácticos encajan de forma natural en el ecosistema del e-learning. Es más contraintuitiva la noción de manipular robots en un contexto de enseñanza en línea. Sin embargo, existen diferentes soluciones para su encaje, que van desde la puesta a disposición de kits robóticos para el uso individual del alumnado, hasta la utilización de simuladores robóticos

mediante ordenadores o dispositivos móviles, como por ejemplo, smartphones o tablets (Tselegkaridis & Sapounidis, 2021).

3.- OBJETIVOS

El presente TFM pretende analizar la influencia de la robótica educativa en el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Primaria a través de una revisión de la literatura. Para ello, a continuación, se enumeran las tres líneas principales, o preguntas de investigación que guían dicho análisis:

- ¿Qué aporta el pensamiento computacional a la educación actual y a medio plazo del alumnado de Educación Primaria, y por qué es una habilidad que debe fomentarse en las escuelas?
- ¿Cómo contribuye la robótica educativa al desarrollo del pensamiento computacional en el alumnado de Educación Primaria?
- ¿Cuáles son las principales propuestas de integración en el diseño tecno-pedagógico que exponen los investigadores/as?

Los objetivos específicos a los que busca dar respuesta la presente investigación son los siguientes:

1. Exponer la correspondencia existente entre actividades de aprendizaje basadas en la robótica educativa en Educación Primaria y el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional.
2. Identificar buenas prácticas de implementación de la robótica educativa en Educación Primaria que permitan valorar la ventajas y limitaciones a tener en cuenta en nuevos diseños tecno-pedagógicos de robótica educativa orientada al desarrollo del pensamiento computacional.

4.- ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

4.1.- ANTECEDENTES

Este TFM aborda el estado de la cuestión de la relación entre la robótica educativa y el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Primaria desde una perspectiva temporal, de los últimos cinco años, de artículos publicados en revistas académicas y en memorias de congresos científicos. La fijación del límite temporal de cinco años responde a un amplio consenso entre

los investigadores (Aksnes *et al*., 2019) que, para el caso de estudios relacionados con la tecnología, establecen que la antigüedad de las citas debería situarse entre los 3 y 5 los años como máximo.

El TFM analiza el estado de la cuestión desde la perspectiva de cinco áreas temáticas, seleccionadas en función de las preguntas de investigación y de los objetivos específicos del TFM que se enumeran más adelante. Estas cinco áreas temáticas son:

- utilidad del pensamiento computacional
- cómo se enseña pensamiento computacional
- eficacia de la robótica educativa en el desarrollo del pensamiento computacional
- integración de la robótica educativa en el currículo escolar
- soluciones y buenas prácticas para su implementación en Educación Primaria

La robótica educativa se ha desarrollado como propuesta pedagógica relevante en los últimos 10 años, pero su conceptualización ha sido generalmente la de una herramienta relacionada con la digitalización de la enseñanza y su aplicación a los conocimientos STEM (Xia & Zhong, 2018). Mas recientemente se ha empezado a analizar la robótica educativa como un campo de estudio más que como una mera herramienta. En este sentido, Angel-Fernandez y Vincze (2018) proponen la siguiente definición: "La robótica educativa es un campo de estudio que busca mejorar la experiencia de aprendizaje de las personas a través de la creación e implementación de actividades, tecnologías y artefactos donde los robots tienen un rol activo" (p. 4).

El pensamiento computacional se estudia desde los años 50, focalizándose en la solución de problemas a través de habilidades de codificación y construcción de algoritmos, fomentando el desarrollo del pensamiento abstracto, el reconocimiento de patrones y el razonamiento lógico (Angeli y Giannakos, 2020).

4.1.1.- Tema 1 - Utilidad de pensamiento computacional

El pensamiento computacional es una de las áreas de estudio más recientes de entre los tipos de pensamiento humano (Piazza & Mengual-Andrés, 2020), que comprenden los siguientes: pensamiento reflexivo; pensamiento crítico; pensamiento creativo; pensamiento convergente y divergente; pensamiento inductivo y deductivo; pensamiento concreto; pensamiento abstracto; pensamiento analítico y sintético; pensamiento computacional; y finalmente, pensamiento conectivo y substitutivo.

El creciente interés de los investigadores por el pensamiento computacional se debe, en gran medida, al impacto presente y futuro que se prevé que tenga la digitalización masiva y la creciente automatización de todos los aspectos relacionados con la sociedad, la economía, la cultura y la educación. En este sentido, Tikva y Tambouris (2021) afirman que el pensamiento computacional es un medio ideal para desarrollar las habilidades del siglo XXI, aunque señalan la necesidad de más investigación sobre modelos de aprendizaje y diseño instruccional para promoverlo.

El desarrollo de las habilidades y las competencias digitales constituyen un factor clave en la evolución y la modernización de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Muchos autores han identificado una conexión entre el pensamiento computacional y las competencias digitales, informacionales y mediáticas (Adell Segura *et al.*, 2019). Adicionalmente, es fundamental señalar el rol que juegan las capacidades propias del pensamiento computacional en relación con el desarrollo de las habilidades creativas (Noh & Lee, 2020). No se trata simplemente de facilitar una mejora de la eficiencia en programación o en la adquisición de conocimientos STEM, si no de fomentar el desarrollo de la creatividad de una manera más generalista, a través de la realización en clase de ejercicios, entre los cuales figura la robótica, donde converjan, entre otros componentes, la captación de datos, el análisis de los mismos, su estructuración y descomposición, y su modelización para fines específicos.

Desde la perspectiva del fomento del aprendizaje colaborativo, Khoo (2020) explora las posibilidades que ofrece el pensamiento computacional, a través de actividades basadas en la robótica, como un medio efectivo para crear un ambiente de colaboración y trabajo en equipo entre el alumnado, a la vez que se genera un aumento en la motivación por participar y por lograr las metas fijadas para el trabajo en grupo.

De manera generalista, hay que señalar que a este campo de estudio todavía le falta maduración y mayor comprensión por parte de los docentes, dado que en ocasiones se percibe el concepto y las características del pensamiento computacional de una manera simplificada, asimilándolo a la mera capacidad de programación (Shute *et al.*, 2017), obviando incorporar el desarrollo de habilidades generalizables de solución de problemas y de fomento de la creatividad. Las implicaciones de lo anterior en relación con el alumnado de Educación Primaria son especialmente significativas. En esa etapa es necesario que los alumnos interioricen la capacidad para solucionar problemas complejos como un condicionante clave de su futuro en el mundo

digitalizado. No es suficiente con ser un nativo digital (Tikva y Tambouris, 2021), es imprescindible que sean guiados en la manera más apropiada de usar la tecnología.

4.1.2.- Tema 2 - Cómo se enseña pensamiento computacional

En los últimos 10 años se ha ido generalizando el ámbito de aplicación educativa del pensamiento computacional, más allá del foco inicial en las matemáticas y en la ciencia informática. Los principales modelos de enseñanza han sido el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en resolución de problemas, el aprendizaje cooperativo y el aprendizaje basado en juegos (Hsu *et al*., 2018). Sin embargo, esta afirmación hay que matizarla en el sentido de reconocer que la extensión de dicha aplicación educativa evoluciona con relativa lentitud. La incorporación del pensamiento computacional en el currículo educativo sigue siendo una cuestión controvertida, sin que todavía se haya alcanzado un consenso entre los autores sobre cómo llevarlo a cabo en los diferentes niveles educativos, ni en como medir y evaluar su implementación (Ruiz *et al*., 2021).

Un condicionante clave que destacan Angeli y Giannakos (2020) es que el diseño e implementación de actividades formativas tiene que construirse mediante un adecuado andamiaje de conceptos de pensamiento computacional que facilite su aprendizaje y contribuya a la motivación del alumnado. Dicho andamiaje debería ser objeto de adicionales investigaciones sobre como estructurarlo e implementarlo en el dominio del diseño instruccional.

En su meta-análisis sobre el pensamiento computacional en la educación, Lockwood y Mooney (2018) realizan una revisión de las principales temáticas y métodos utilizados para su enseñanza en las última etapa de Educación Primaria y en la educación preuniversitaria. En cuanto a las temáticas, sus conclusiones revelan que son las actividades relacionadas con la informática las más comúnmente utilizadas. Entre ellas enumeran las siguientes: introducción a conceptos relacionados con las abstracciones, las modelizaciones, los algoritmos, las descomposiciones, las técnicas de resolución de problemas y las técnicas de aplicación del pensamiento crítico. Otros tópicos incluyen la robótica, el desarrollo de webs y la experimentación con circuitos electrónicos. En relación con los métodos utilizados, la programación resulta ser el más usado para desarrollar habilidades de pensamiento computacional. Ejemplo de ello son el manejo de datos e información; conceptos de programación como condicionales e iteraciones; herramientas tecnológicas como Scratch, hojas de cálculo; programación en BASIC y Visual

BASIC. Otras tecnologías incluyen propuestas más lúdicas, tales como Minecraft y motores de software para el desarrollo de videojuegos.

Por su parte, Hsu, Chang y Hung (2018) a su vez realizan un meta-análisis sobre la enseñanza y el aprendizaje del pensamiento computacional en Educación Primaria. Centran su análisis en 17 diferentes estrategias de enseñanza y aprendizaje: aprendizaje basado en la resolución de problemas; aprendizaje colaborativo; aprendizaje basado en proyectos; aprendizaje basado en juegos; andamiaje; sistemas de resolución de problemas; contar historias; estrategias computacionales; experimentación estética; aprendizaje basado en conceptos; interacción persona-ordenador; aprendizaje basado en diseños; aprendizaje mediante movimiento corporales; lecciones de los docentes; pensamiento computacional crítico; y diseño universal para el aprendizaje (UDL).

En relación con etapas educativas más tempranas (educación infantil y básica), Caballero-González y García-Valcárcel, (2020b) destacan la importancia de trabajar las habilidades de pensamiento computacional, preferentemente mediante materiales "desenchufados", como dibujos, construcción, juegos de mesa, entre otros, que vayan preparando al alumnado más joven para la adquisición solida de dichas habilidades en el futuro.

4.1.3.- Tema 3 - Eficacia de la robótica educativa en el desarrollo del pensamiento computacional

El uso educativo de la robótica tiene dos utilidades claramente diferenciadas, pese a que compartan gran parte de los objetivos de aprendizaje. La primera utilidad consiste en que la actividad conectada con la robótica se centra en la programación de robots, para lo cual, no es estrictamente necesaria la concurrencia de robots físicos. Tselegkaridis y Sapounidis (2021) referencian y describen las características y capacidades de 17 simuladores de robótica, de los cuales 9 están diseñados específicamente para uso educativo. Los autores señalan que es habitual que los robots virtuales ofrezcan adicionales y más variadas posibilidades de interacción que los robots físicos. La segunda utilidad se centra en la construcción, ensamblaje y puesta en funcionamiento de robots. Se trata de una actividad muy relacionada con el Movimiento Maker, que aporta un componente de emoción y motivación relacionada con la actividad creativa de generar un artefacto para interaccionar con él (Schad & Jones, 2020).

Como se ha constatado en el punto anterior, sobre cómo se enseña el pensamiento computacional, la mayor parte de los trabajos de investigación se centran en la actividad de

programación como la herramienta principal para la adquisición de capacidades de pensamiento computacional a través de la robótica. Los estudios empíricos sobre robótica educativa y programación aportan conclusiones indicativas sobre esa influencia. Noh y Lee (2020) realizan una investigación para determinar si el uso de un robot en el aprendizaje de programación contribuye a facilitar la comprensión de los conceptos de la ciencia informática entre el alumnado de Educación Primaria. Diseñaron un curso de programación robótica de 11 semanas con el fin de verificar sus efectos mediante su impartición en el aula. Su conclusión es que existe una correlación positiva y destacan que las mejoras más significativas en pensamiento computacional se dieron entre el alumnado con resultados de inicio más bajos, siendo también mejores entre las alumnas que entre los alumnos. Merino-Armero *et al.*, (2018) investigan el impacto en el pensamiento computacional, mediado por el factor motivación. Sus resultados indican que la robótica educativa fomenta el pensamiento computacional y promueve niveles más altos de motivación, en todas sus dimensiones, entre el alumnado de Educación Primaria. La investigación también revela que el nivel de motivación es mayor entre los alumnos que entre las alumnas, que parten de un nivel de inicio más bajo, pero que en ambos casos la mejora es estadísticamente significativa. Kert *et al*., (2020) realizan una investigación con alumnado de 6º grado de Educación Primaria utilizando un grupo de control que realiza tareas de programación con bloques, y un grupo experimental que realiza tareas de programación robótica. La metodología utilizada es un análisis multivariante (AMANOVA) con 10 variables dependientes indicativas de capacidades propias del pensamiento computacional. Las conclusiones muestran unos resultados significativamente más altos en el grupo experimental, aunque los autores señalan que los resultados del grupo de control también mejoran significativamente en relación con la situación de partida.

Por su parte, Avello-Martínez *et al.* (2020) realizan un meta-análisis de los últimos 10 años sobre codificación y robótica educativa y su relación con el pensamiento computacional y creativo. En sus conclusiones afirman que la educación robótica es una herramienta esencial para enseñar pensamiento computacional, pero los mejores resultados se obtienen cuando el trabajo con robots se inicia en las primeras etapas educativas. En Educación Primaria la programación de robots es una actividad divertida, que fomenta el conocimiento de las tecnologías de la información (TIC), las habilidades de lenguaje y la creatividad. Los autores advierten que a pesar de que la educación robótica se ha venido implementando en las escuelas en los últimos 20 años, su ritmo de introducción es lento y sus modelos de utilización son fragmentarios. Parte del

problema estriba en el coste de adquirir los kits robóticos más utilizados, tales como LEGO Mindstorms, Arduino, Raspberry Pi, entre otros.

Lathifah, Budiyanto *et al.* (2019), a su vez publican un meta-análisis referido al alumnado de Educación Primaria. Entre sus conclusiones destacan que la inclusión de la educación robótica mejora el ambiente del aula, con el condicionante de que los enseñantes tengan un suficiente conocimiento básico de robots. El modelo educativo que mejor encaja es el del aprendizaje basado en proyectos, y los resultados indican que el alumnado puede adquirir capacidades de pensamiento computacional, trabajo en equipo, comunicación y mejorar su interacción con los docentes. Sin embargo, los autores señalan que el número de artículos publicados sobre la materia (28 entre 2012 y 2019) es bajo y es necesario que haya estudios empíricos adicionales.

Un factor a tener en cuenta para el futuro estriba en que la mayoría de las investigaciones en robótica educativa y pensamiento computacional se han centrado en los contenidos STEM, y algunos pocos, en el aprendizaje del lenguaje. Los resultados que revelan las investigaciones son positivos, pero su número es escaso, y además es necesario ampliar el campo de estudio a enseñanzas más generalistas (Cheng *et al*., 2018) para verificar si la educación robótica puede ser eficiente como un recurso transversal en los procesos de aprendizaje.

4.1.4.- Tema 4 - integración de la robótica educativa en el currículo escolar

En el punto precedente se ha constatado que hay una coincidencia entre los autores de que, a pesar de que la robótica educativa se ha venido introduciendo en el curricular escolar en diferentes países (García-Peñalvo *et al*., 2019)., el proceso se revela lento y fragmentario. Existe escasa producción científica y se observa que hay una tendencia a trabajar la robótica educativa como una actividad extraescolar, o como una actividad orientada a competiciones robóticas (FLL and VEX Robotics Competition, entre otras competiciones internacionales). Se reconoce la necesidad de extender el currículo a actividades educativas más allá de las disciplinas STEM y se observa que la robótica puede ser atractiva para el alumnado femenino y para colectivos minoritarios (Fu *et al*., 2020).

Xia y Zhong (2018) realizan una meta-análisis sobre la robótica educativa en la enseñanza de las matemáticas. Identifican 20 artículos en diversos niveles educativos. Entre sus conclusiones destacan que la mayoría de los docentes utilizan los robots de LEGO, y los contenidos matemáticos que mayoritariamente se trabajan son la geometría y el algebra. En cuanto a las metodologías más usadas, los autores señalan el aprendizaje a través de la interacción con

robots, el aprendizaje mediante la programación de robots y el aprendizaje mediante la construcción y programación de robots.

Las políticas educativas de algunos países permiten la oportunidad de incorporar la robótica educativa como una herramienta para trabajar disciplinas STEM. Se trata de decisiones que en muchos casos se adoptan a nivel regional, o incluso a nivel de colegio. Un ejemplo sería la asignatura "Tecnología, Programación y Robótica", que se incluye como optativa en la ESO en la Comunidad de Madrid. A nivel Europeo, la Comisión Europea puso en marcha el proyecto The Educational Robotics for STEM (ER4STEM) (J. M. Angel-Fernandez, 2018), que incluye un repositorio (ER4STEM, 2021) de herramientas educativas robóticas a disposición del colectivo de enseñantes.

En cuanto a la percepción por parte del alumnado de Educación Primaria de la utilización de robots en su aprendizaje de disciplinas STEM, Ching, Yang *et al.*, (2019) exponen la ventaja de proveer, a través de la robótica, de oportunidades de aplicar los conocimientos adquiridos en matemáticas y física a resolver problemas reales. Los autores analizan una tarea de construcción y programación robótica en el contexto de explorar el terreno de otro planeta. Los resultados revelan una mejora significativa de la actitud del alumnado respecto de las matemáticas y la ciencia. Adicionalmente, los autores ofrecen una reflexión sobre la necesidad de extender el diseño curricular utilizando robots a otras disciplinas, además de las STEM. Así mismo, llaman la atención sobre la dificultad que experimenta el alumnado de los últimos cursos de Educación Primaria para construir un robot funcional si no han tenido suficientes experiencias previas en niveles educativos inferiores.

Desde la perspectiva del diseño instruccional, se trata de un área de estudio más reciente, que precisa ampliarse y desarrollarse significativamente (Evripidou *et al*., 2020). En general, las investigaciones se han centrado en la descripción de los modelos, entornos y conceptos que soportan la robótica educativa. Pero, como señalan Chevalier, Giang, *et al.* (2020), muy pocas han puesto el foco en como la robótica educativa debe utilizarse en clase y como dar soporte a los docentes en el diseño, implementación y evaluación de actividades orientadas al desarrollo del pensamiento computacional a través de la robótica educativa.

Adicionalmente, todavía existe una notable escasez de herramientas para la construcción y programación de robots específicamente diseñadas para la educación. Muchos docentes terminan recurriendo a robots con códigos de programación prefabricados y cerrados. Esta solución no permite que el alumnado tenga la oportunidad conocer que hay dentro del robot y

como funciona. Existe la opción de utilizar plataformas para "hobbistas" (por ejemplo las placas de Arduino, entre otras), pero tienen el reto de adaptarlas a los objetivos específicos de la enseñanza (Alimisis *et al*., 2019).

4.1.5.- Tema 5 - Soluciones y buenas prácticas para su implementación en Educación Primaria

El informe de eMedia (MEdia literacy and DIgital citizenship for All), perteneciente al proyecto Erasmus+ (eMedia, 2018) analiza y sugiere un amplio catálogo de recursos, incluyendo tanto soluciones comerciales como software y hardware *open-source*, con indicaciones específicas para su despliegue. Entre otros, proponen Scratch, Open Roberta, Elegoo, Arduino, Micro:bit, Makey Makey y Raspberry Pi. Así mismo, el informe analiza en profundidad 10 actividades diferentes, diseñadas con el objetivo específico de fomentar el pensamiento computacional y el pensamiento crítico. Finalmente, propone algunas herramientas para motivar al alumnado, y ofrece ejemplos de buenas prácticas extraídos de experiencias en diferentes países europeos. En las tablas nº 1 y 2 (anexos 10.1 y 10.2) se resumen ejemplos de acciones educativas robóticas: "Construir un coche robot sin conductor" y "El brazo robótico: una introducción a los robots humanoides".

En el previamente mencionado proyecto ER4STEM (J. M. Angel-Fernandez, 2018) existe un repositorio de herramientas e iniciativas de implementación de educación robótica. En la tabla nº 3 (anexo 10.3) se resume un ejemplo de una acción educativa titulada "Building a Robot and Making it Smart" ("Construir un robot y hacerlo inteligente").

4.2.- MARCO TEORICO

4.2.1.- Robótica Educativa

La robótica educativa es una potente y flexible herramienta de aplicación en los procesos de enseñanza y aprendizaje, motivando al alumnado a construir y a controlar robots usando lenguajes de programación específicos (Atmatzidou & Demetriadis, 2016). Por tu parte, Noh y Lee (2020), citando a Sáez-López *et al*. (2016), Atmatzidou y Demetriadis (2016), Jun, Han y Kim (2017), y Chen *et al*. (2017), exponen que muchas investigaciones indican que la robótica educativa tiene una influencia significativa en el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y habilidades metacognitivas del alumnado. También indican que los estudios demuestran una influencia en el aprendizaje colaborativo, la autoconfianza, la

creatividad y la motivación. Un factor importante en el impacto positivo de la robótica estriba en la experiencia práctica previa del alumnado en ejercicios de programación robótica en edades tempranas, que conviene tener en cuenta a la hora de diseñar actividades de aprendizaje (Noh & Lee, 2020). Establecido lo precedente, Chevalier *et al*. (2020) observan que algunos estudios también demuestran que la pedagogía de enseñar con robots esta todavía poco desarrollada, y que será necesario mucho trabajo de investigación adicional para irla avanzando, particularmente el desarrollo de modelos efectivos de enseñanza y aprendizaje que los docentes puedan poner en práctica.

La mayoría de los investigadores/as coinciden en identificar el aprendizaje de la programación informática y la enseñanza de las materias STEM, particularmente la tecnología y las matemáticas, como las dos aplicaciones más extendidas de la robótica educativa. En su revisión sistemática, Ferrada-Ferrada *et al.*, (2020) determinan que las investigaciones empíricas muestran un resultado positivo en el 88,5% de los casos e identifican las áreas formativas STEM de mayor aplicación de la robótica:

- Tecnología 38%
- Matemáticas 24%
- Ciencia 21%
- Ingeniería 17%

Los mencionados autores así mismo han descubierto que el contexto educativo más recurrente en educación robótica son las actividades extraescolares, representando el 65%, que evidencia que la mayoría de estas actividades no tienen un vínculo directo con el trabajo en el aula.

Atmatzidou y Demetriadis (2016) sostienen que uno de los principales factores que impulsan el uso de la robótica en la Educación Primaria es su positiva influencia sobre la adquisición de habilidades de pensamiento computacional, señalando que la mayoría de las investigaciones sobre robótica educativa en el contexto escolar se centran en analizar empíricamente los modelos de dichas habilidades, de los que identifican los siguientes: abstracción, algoritmos, análisis, automatización, control de flujo, correspondencias, depuración de errores, descomposición de tareas, diseño, iteraciones, lógica condicional, pensamiento crítico, programación, resolución de problemas y secuenciación.

Desde la perspectiva de las actividades educativas como propuesta de entretenimiento, la robótica educativa presenta una significativa conexión con el fenómeno del Edutainment

(propuestas de entretenimiento educativo), principalmente a través de dos manifestaciones relacionadas pero diferentes. La primera consiste en la oferta extraescolar de cursos de robótica educativa y de tecnología que se imparten en academias privadas, generalmente gestionadas por profesionales de la programación y/o de la ciencia informática. Como extensión del mismo concepto, coincidiendo con fechas vacacionales, muchas de las mismas empresas comercializan una creciente oferta de campus de robótica y tecnología (OurKids, 2021). La segunda manifestación se corresponde con los eventos consistentes en competiciones de robots, que son particularmente populares entre el alumnado de Educación Secundaria. Las principales de entre las diversas competiciones que se organizan, por ejemplo la LEGO League, alcanzan la cifra de 100.000 participantes de 70 países diversos (Fu *et al.*, 2020). Ambas manifestaciones están directamente relacionadas con la explotación económica de la robótica educativa por parte de empresas especializadas y de emprendedores en start-ups, que han identificado un nicho de negocio vinculado a la preocupación de las familias por que sus hijas e hijos adquieran una formación tecnológica, adicional a lo que habitualmente ofrece el sistema educativo, que les pueda ayudar en sus perspectivas profesionales de futuro. La consultora internacional HolonIQ en su informe “2019 Robotics & Global Education Report" señala que el valor de mercado de la robótica educativa en 2018 se situó en 1.300 millones de dólares, y la previsión para el 2025 es de 3.100 millones de dólares (HolonIQ, 2019).

4.2.2.- Pensamiento computacional

El pensamiento computacional es un término que se maneja desde los años 50. Sin embargo, continúa siendo un concepto debatido, donde muchos investigadores no concuerdan en su definición ni en su naturaleza (Shute *et al*., 2017) . Mas recientemente se está experimentando un creciente interés por el fomento del pensamiento computacional en Educación Primaria, habiendo previamente estado circunscrito mayormente a la educación superior. El motivo principal es el reconocimiento de que es importante que en esas edades el alumnado aprenda a pensar y adquiera habilidades digitales (Angeli & Giannakos, 2020). Adicionalmente, hay un amplio consenso entre los investigadores/as en incluir el pensamiento computacional dentro del conjunto de habilidades y competencias necesarias en el siglo XXI (Reyero Sáez, 2019).

No existe una definición de pensamiento computacional que este comúnmente aceptada por los investigadores/as. En este sentido, Caballero-González y García-Valcárcel (2020a) proponen una sencilla definición en estos términos: “se podría definir el pensamiento computacional como

la habilidad y capacidad para resolver problemas utilizando la programación y los fundamentos de las ciencias computacionales" (p. 65).

En su meta-análisis Tikva y Tambouris (2021) ofrecen una clasificación de los elementos relacionados con el pensamiento computacional que aparecen en las publicaciones académicas. Las más referenciadas, en orden de importancia son:

- En 15 o más ocasiones: abstracción, secuencias, bucles, condicionales, descomposición, paralelismo, algoritmos, lógica.
- Entre 10 y 14 ocasiones: representación de datos, control de flujo, eventos, creatividad, resolución de problemas.
- En 5 y 9 ocasiones: depuración de errores, generalización, análisis de datos, pensamiento algorítmico, variables, recombinación, testeo, colaboración, modelización, operadores, sincronización, interactividad del usuario.

Finalmente, aunque esta comúnmente aceptado entre los investigadores/as que el pensamiento computacional provee una serie de capacidades clave en el entorno digital, tales como la descomposición de problemas, el desarrollo de algoritmos, y la abstracción, también se constata que faltan muchos datos y conocimiento que permitan diseñar experiencias de aprendizaje apropiadas para fomentar esas competencias (Angeli y Giannakos, 2020).

4.2.3.- Teoría constructivista

La teoría psicológica constructivista tiene su origen en las investigaciones del desarrollo cognitivo de los niños/as por parte de Jean Piaget en 1952, complementadas por las subsiguientes aportaciones de Buner, Ausubel y Vygotsky, entre otros.

La teoría constructivista postula que son los niños y las niñas quienes, a través de la participación activa en el proceso de su propio aprendizaje, van construyendo su conocimiento basado en la acción, la experimentación y la acumulación de experiencias. A medida que se van produciendo nuevas experiencias e interacciones, los niños y las niñas van desarrollando sus estructuras mentales. El conocimiento nuevo se genera tomando como base el conocimiento ya presente en sus mentes, conformado un proceso acumulativo (Reyero Sáez, 2019).

Bada (2015) sostiene que la aplicación de esta teoría a la metodología educativa tiene su mejor reflejo en la educación basada en proyectos. El autor expone que entre sus principales beneficios figuran que el alumnado aprende más, de una manera más divertida y con más motivación; el foco se establece en aprender a pensar y a entender, no a memorizar; el alumnado experimenta sensación de propiedad sobre lo que aprende, por lo que su conocimiento es transferible entre diferentes entornos de aprendizaje; las actividades de aprendizaje se corresponden con situaciones que el alumnado se encuentra en la vida real, por lo que lo aprendido tiende a perdurar más que lo aprendido de forma teórica; el constructivismo favorece las capacidades comunicativas y de relación social mediante el fomento de un ambiente de intercambio colaborativo de ideas.

Los diseños tecno-pedagógicos basados en la construcción y la programación de robots se pueden enmarcar de forma natural en la teoría constructivista. El alumnado tiene que trabajar de forma proactiva, y preferentemente de manera colaborativa, en actividades en forma de proyecto, donde el proceso de aprendizaje es eminentemente activo y experimental, al tiempo que trabaja en resolver retos anclados en su realidad más inmediata.

4.2.4.- Entornos construccionistas de la educación

Dolgopolovas *et al.* (2019), citando a Papert (1980) afirman que los entornos construccionistas se focalizan en la creación de artefactos físicos o mentales durante el proceso de aprendizaje, con el fin de que el alumnado aprenda a través de su interacción con ellos. Las simulaciones o las modelizaciones, dependiendo de los entornos de aprendizaje, son posibilidades alternativas de interacción. Abundando en lo precedente, Sánchez-Vera (2019) matiza que “lo interesante de la propuesta de Papert es que no centra la importancia en la “máquina”, sino en el tipo de pensamiento que permite desarrollar y la manera de trabajar con ella” (p. 26).

Citando así mismo a Papert (1980), D’Angelo y Pellegrino (2021) exponen que el construccionismo se fundamenta en la asunción de que los/las estudiantes aprenden mejor cuando se implican activamente en la creación de artefactos. Dichos autores defienden que el construccionismo es adecuado para el aprendizaje de conceptos técnicos, y lo relacionan con la robótica educativa afirmando que el diseño, la construcción y el manejo de robots promueve del desarrollo del pensamiento, la resolución de problemas, el autocontrol y el trabajo en equipo. Adicionalmente, exponen que los entornos construccionistas conceptualizan los robots como entidades físicas compuesta de hardware (las partes mecánicas y electrónicas) y software

(programas de control) que conforman un todo, facilitando que el aprendizaje se centre en el comportamiento deseado del robot y en las secuencias de control que lo hacen posible.

Resumiendo, en referencia a la robótica educativa, la conexión con los entornos construccionistas se manifiesta en las actividades de diseño, ensamblaje y manejo de robots, o alternativamente, la interacción con robots virtuales o simuladores de robots (Schad & Jones, 2020).

5.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DEL TEMA

5.1- EVOLUCIÓN DE LA PROBLEMATICA

En lo que se hace referencia a la evolución futura del concepto y de las aplicaciones del pensamiento computacional, existe un amplio consenso entre los autores acerca del creciente reconocimiento de su importancia en relación con el estudio y aprendizaje de las disciplinas STEM, científicas, tecnológicas y de ingeniería (Dolgopolovas & Dagienė, 2021). Esta expectativa está principalmente basada en que las habilidades propias del pensamiento computacional forman parte y son claves entre las capacidades que deben tener las personas en el siglo XXI.

No se puede afirmar lo mismo por lo que respecta a la robótica educativa. Las investigaciones demuestran que se trata de una herramienta útil y efectiva para el aprendizaje de contenidos STEM. Sin embargo, se trata de una herramienta que conlleva costes económicos que pueden constituir una barrera de entrada o un límite a su expansión (Goudzwaard *et al*., 2019). Adicionalmente, existen herramientas alternativas que también son eficaces en el aprendizaje STEM y no conllevan gastos adicionales en relación con el equipamiento habitual de las aulas modernas. Algunos ejemplos son las aplicaciones gratuitas de programación (Scratch y Snap!, entre otras), aplicaciones de generación de videojuegos (GDevelp, Urho3D y MonoGame, entre otros), programación de websites, y análisis estadísticos con hojas de cálculo. Así mismo, conviene señalar que en los últimos años se ha ido desarrollando una creciente industria de servicios relacionados con la robótica educativa, que en muchos casos tienen mayor conexión con el Edutainment que con los procesos y objetivos formales de enseñanza y aprendizaje. Ejemplo de ello son los campus tecnológicos y las academias de formación tecnológica extraescolares. Otra cuestión fundamental estriba en el potencial real de la robótica para convertirse en una herramienta educativa transversal. La ausencia de investigación suficiente sobre esta cuestión deja abierto el interrogante.

5.2.- CORRESPONDENCIAS ENTRE ROBÓTICA EDUCATIVA Y PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

La naturaleza y las manifestaciones de las correspondencias entre la robótica educativa y el pensamiento computacional se han identificado y expuesto en la revisión de la literatura. Dicha revisión demuestra concluyentemente que la robótica educativa es una herramienta efectiva en el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Primaria. Los componentes del pensamiento computacional que resultan más reforzados coinciden con los fundamentales, que son:

- La descomposición de problemas en componentes más simples
- La exploración de soluciones eficientes para la resolución de problemas
- El desarrollo de algoritmos para modelizar conductas
- La automatización de secuencias de comportamiento
- El manejo de datos
- El reconocimiento de patrones
- La aplicación del razonamiento lógico y el pensamiento crítico

La conexión más directa y fundamental entre la robótica educativa y el pensamiento computacional se evidencia a través de la programación de los robots, siendo su mayor o menor grado de complejidad el factor principal de graduación de la dificultad intrínseca de las actividades (Xia y Zhong, 2018).

Ambos conceptos se relacionan estrechamente con las competencias digitales y las capacidades necesarias en el siglo XXI. Comparten factores educacionales esenciales, tales como el fomento del trabajo en equipo, el uso del pensamiento crítico y el refuerzo de la autoconfianza y la motivación.

Un punto débil importante en la correspondencia entre la robótica educativa y el pensamiento computacional estriba en que los beneficios de su interacción están limitados, en su práctica actual, a los contenidos STEM, particularmente a las matemáticas y a la ciencia informática.

5.3.- DISEÑO INSTRUCCIONAL Y BUENAS PRÁCTICAS

Previamente se ha hecho referencia a la escasez de investigaciones académicas y de sobre diseño instruccional en robótica educativa. En este punto, se procederá a revisar las más significativas.

Ronsivalle *et al*. (2019) aportan unas guías básicas como resultado del análisis de siete proyectos experimentales de robótica educativa con alumnos/as de entre 7 y 10 años de edad, en Italia, entre los años 2012 y 2015. Sus principales recomendaciones son las siguientes:

- Recomendaciones de entorno
    - Trabajar en un entorno de laboratorio, dotado de espacio y de ordenadores suficientes para que ningún alumno/a se queden sin poder programar.
- Recomendaciones de contenidos
    - Diseñar contenidos múltiples, como por ejemplo música, idiomas, matemáticas, bioquímica, electrónica, e informática.
- Recomendaciones de actividades
    - Fomentar la interacción del alumnado, evitando un nivel excesivo de presencia del docente, una vez se haya transmitido en que consiste la actividad.
    - Ofrecer soporte al alumnado con dificultades de comprensión o de implementación de la actividad.
    - Permitir que el alumnado explore físicamente y manipulen los kits robóticos.

Por su parte, Ioannou y Makridou (2018) emiten dos recomendaciones para los docentes:

- desarrollo de un currículo de fomento del pensamiento computacional vía robots
- creación de un repositorio de información sobre plataformas robóticas, que incluya información sobre las actividades específicas de aprendizaje que se implementen.

Xia y Zhong (2018) realizan una revisión de 22 artículos entre los años 2007 y 2017, que contienen las siguientes sugerencias instruccionales:

- Sugerencias relativas al entorno de aprendizaje
    - Usar aulas amplias y abiertas
    - Proveerse de hardware y software adecuado
    - Fomentar una atmósfera de aprendizaje creativo y colaborativo
- Sugerencias relativas al diseño de actividades
    - Contar con la asistencia de profesionales en el diseño de contenidos; diseñar actividades robóticas que tengan conexión con la vida real; organizar actividades robóticas temáticas y no limitarse únicamente a plantear retos.
    - Reservar tiempo suficiente para la construcción de los robots y la comprensión de su comportamiento.

    - Organizar las actividades preferentemente de manera colaborativa en grupos pequeños; fomentar la organización de exhibiciones robóticas en lugar de competiciones; generar experiencias STEM positivas; aprovechar los comportamientos robóticos imprevistos para trabajar colaborativamente la resolución de problemas.
- Sugerencias relativas a la pedagogía de las actividades
    - Utilizar metodologías de búsquedas y pesquisas guiadas; usar contextos culturales relevantes para el alumnado; promover metodologías robóticas centradas en la persona para motivar a las alumnas en contenidos STEM.
- Sugerencias relativas a la supervisión y asistencia en las actividades
    - Proveer al alumnado de una suficiente preparación tecnológica previa,
    - Los docentes deben ofrecer guía, supervisión y soporte durante todo el proceso, fomentar el intercambio de información y experiencias, colaborar en la solución de conflictos, fomentar la creatividad de alumnado, y prestar atención y actuar sobre el feedback de alumnos/as.

Con independencia del interés y del valor pedagógico de todas las recomendaciones y sugerencias expuestas, hay que señalar que en su conjunto no constituyen una propuesta formal de diseño tecno-pedagógico aplicable a la educación robótica. No se aclara si el diseño instruccional robótico tiene especificidades propias. Son, en definitiva, un conjunto de interesantes indicaciones metodológicas, que todavía están muy lejos de formar un cuerpo de conocimiento y experiencias teórico-prácticas que puedan servir de guía y referencia efectiva a la mayoría de los docentes para usar la robótica educativa como una herramienta pedagógica transversal y eficiente.

Por lo que respecta a la ejemplificación de buenas prácticas en la implementación de actividades de robótica educativa, en el punto 4.1.5 y sus anexos, se hace un repaso a los contenidos del informe eMedia y el proyecto ER4STEM. En ambos casos, las recomendaciones toman la forma de propuestas específicas de activación, ejemplos de la cuales se ofrecen en los anexos 10.1, 10.2 y 10.3. Los elementos comunes de buenas prácticas que se deducen de la formulación de las propuestas son los siguientes:

- Duración: indica cuanto tiempo se prevé para completar la actividad, diferenciando el montaje y puesta en marcha del robot, de las actividades de programación y ejecución de los retos y acciones a completar por el aparato.

- Materiales necesarios: la lista de los componentes de hardware y software que se requieren para el proyecto.
- Objetivos y descripción de la actividad: indica el efecto educativo pretendido por la actividad y la descripción funcional de sus elementos y componentes.
- Implementación: descripción pormenorizada de los pasos y acciones específicas que conforman la realización completa de actividad.
- Información y recursos adicionales: enlaces a fuentes de información relevantes para el proyecto, tales como manuales de uso del robot, lenguaje de programación a utilizar, guías de implementación en formato infografía o video, entre otros.

Conviene indicar que no siempre se ofrece información sobre la tipología del alumnado para el que se planifica la acción educativa, ni el contexto educativo o curricular en que se incluye, ni el coste total de la implementación, que serían elementos importantes para la consideración de esas actividades por parte de los docentes.

5.4.- IMPLICACIONES DE COMPROMISO ETICO Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

En el transcurso de este trabajo se han identificado dos aspectos que señalan debilidades de las propuestas educativas basadas en herramientas robóticas, que se exponen a continuación.

De un lado, el coste de los kits robóticos para la enseñanza (incluyendo los simuladores virtuales) suponen una barrera de entrada para los colegios y para las familias con menores recursos económicos. La persistencia de esta situación tiene un efecto muy negativo en relación con la brecha digital que ya existe para el alumnado económicamente menos favorecido y con más difícil acceso a las TIC (Manikutty *et al*., 2019). Esta problemática se agudiza en función de que la robótica educativa generalice su implementación como un recurso extraescolar en lugar de formar parte del currículo escolar. En la medida que la educación robótica se vaya extendiendo como herramienta educativa, se va a hacer más evidente que la política educativa tiene que instrumentar fórmulas (subvenciones, políticas fiscales, etc.) que contribuyan a cerrar la brecha digital en lo tocante a la robótica educativa, particularmente en su significación como herramienta eficiente en el aprendizaje de las materias STEM.

Por otra parre, existe la percepción de que la robótica educativa, y por extensión las enseñanzas STEM, son materias más propias de los alumnos que de las alumnas (Román *et al.*, 2020). Se trata de una percepción no únicamente errónea, si no que conlleva el riesgo de desincentivar a las alumnas en materias clave en su formación y en sus oportunidades futuras de empleo, tales

como el dominio de las TIC, la profundización en los conocimientos, y las habilidades ligadas al pensamiento computacional y la creatividad. Notoriamente, como se ha señalado en los puntos anteriores, las investigaciones empíricas contradicen esa percepción, ofreciendo resultados similares o superiores de las alumnas respecto de los alumnos (Noh & Lee, 2020; Merino-Armero *et al*., 2018; Fu *et al*., 2020; Atmatzidou & Demetriadis, 2016). La UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) ha publicado un informe (UNESCO, 2017), en conexión con el objetivo nº 5 de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas) que busca lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas. Dicho informe destaca la importancia de ayudar a las niñas y a las mujeres a entender que los estereotipos de género no son más que constructos, y que los estudios y carreras STEM están completamente a su alcance.

6.- CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se ha podido evidenciar que el pensamiento computacional comprende un conjunto de habilidades y de capacidades que son imprescindibles en el siglo XXI y deben adquirirse a través de la educación. Así mismo, la revisión de la literatura ha demostrado que la robótica es una herramienta eficiente en el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Primaria. Ello se produce tanto a través de la construcción y manipulación de robots, como preferentemente, a través de la programación del control de su comportamiento y de sus acciones. En ambos casos se genera un factor positivo añadido: la robótica es una actividad divertida y contribuye a un refuerzo de la motivación del alumnado.

Sin embargo, también ha resultado evidente que todavía existen importantes barreras para la extensión del uso de la robótica como herramienta educativa. Son barreras que pueden tener un efecto desincentivador respecto a un número significativo de enseñantes. Se trata, en primer lugar, de la ausencia de un extenso y sólido cuerpo de conocimientos y de recursos contrastados que faciliten y guíen la labor docente. En segundo lugar, la lentitud con la que la política educativa ha venido introduciendo la robótica en el currículo escolar formal, así como en la formación profesional de los docentes. Finalmente, la robótica no es un recurso barato, lo que ha incentivado el florecimiento de academias privadas de robótica educativa, cuyo coste no está al alcance de todas las familias.

Expuesto lo precedente, la utilidad de este TFM estriba en verificar los beneficios educacionales de la robótica educativa, pero sobre todo, en exponer las amplias oportunidades de

investigación que ofrece este campo. La producción de literatura académica sobre robótica y pensamiento computacional se ha venido realmente acelerando desde una fecha tan reciente como 2018, y cada vez son más las universidades y los investigadores/as que están invirtiendo recursos de investigación en este campo por todo el mundo.

Para concluir, la robótica educativa ha demostrado ser una herramienta eficiente en atraer a las estudiantes hacia los contenidos STEM, lo cual genera valiosas oportunidades de ir cerrando la brecha de género en matemáticas, ciencia y tecnología.

En consecuencia, este TFM ha dado respuesta a las preguntas de investigación y a los objetivos planteados, aunque reconociendo que el actual estado de la cuestión no facilita profundizar en la propuesta de buenas prácticas al nivel que hubiera sido deseable.

7.- LIMITACIONES

Durante la realización del presente TFM se han puesto de manifiesto algunas limitaciones que condicionan el resultado final de este trabajo, e impiden que sea una investigación suficientemente amplia en cuanto a su objetivo de conectar, de una manera comprensiva, la robótica educativa y el pensamiento computacional con todo lo relacionado con el diseño tecno-pedagógico e instruccional de actividades de aprendizaje con robots.

De un lado, la decisión de limitar la revisión de la literatura a los últimos 5 años puede tener sentido en lo referente a los aspectos puramente tecnológicos, pero posiblemente hubiera sido aconsejable ampliar ese límite temporal en lo tocante a los factores cognitivos, psicológicos y pedagógicos de la presente investigación.

Adicionalmente, hay escasa literatura académica sobre robótica educativa en la Educación Primaria, y la que existe, generalmente es fragmentaria al centrarse en abanicos estrechos de edades, sin ofrecer una visión de conjunto comprensiva de dicha etapa educativa.

Otra dificultad que conviene señalar, es la ausencia de una definición de amplio consenso entre los investigadores/as sobre qué es y qué características posee el pensamiento computacional. Incluso, hay una corriente de opinión que pone en duda que realmente éste exista como un tipo de pensamiento humano diferenciado del resto.

Finalmente, hay que señalar que las investigaciones empíricas sobre robótica educativa son muy escasas, y habitualmente sobre un número muy pequeño de sujetos, por lo que no resulta

prudente generalizar las conclusiones alcanzadas, ni permiten establecer fundamentos pedagógicos suficientemente contrastados.

8.- LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

El análisis realizado en este TFM se podría perfeccionar y extender con investigaciones adicionales que contribuyan a ampliar el campo de estudio de la robótica educativa. Principalmente, como se ha observado anteriormente, se deberían realizar más investigaciones de carácter empírico y de ámbito más extenso, que no se limiten a un escaso número de sujetos, o a contextos excesivamente focalizados. Por ejemplo, sería deseable que el factor geográfico de un estudio no se limite a un aula en un colegio, que las etapas educativas se aborden de manera más integral, y que los recursos robóticos experimentales utilizados no se reduzcan a un modelo específico de un fabricante concreto.

Adicionalmente, se deberían realizar más estudios que aborden de manera sistemática el diseño instruccional de actividades de aprendizaje con robots, extendiéndolo a contextos educativos distintos de las temáticas STEM. Ello contribuirá a dotar a la robótica educativa de una utilidad mucho más amplia como herramienta integral para la enseñanza y el aprendizaje.

Finalmente, en relación a las herramientas y kits para la construcción y programación de robots específicamente diseñadas para la educación, se hace necesaria más investigación para promover que se generalicen soluciones especializadas, a fin de dotar a la docencia de herramientas robóticas diversificadas, abiertas y flexibles. De esta manera, se evitará que los docentes se vean obligados a recurrir a plataformas "hobbistas", que a menudo requieren de adaptaciones complejas y conocimientos técnicos altamente especializados.

9 - REFERENCIAS

Adell Segura, J., Llopis Nebot, M. Á., Esteve Mon, F. M., & Valdeolivas Novella, M. G. (2019). El debate sobre el pensamiento computacional en educación. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *22*(1), 171–186. https://doi.org/10.5944/ried.22.1.22303

Aksnes, D. W., Langfeldt, L., & Wouters, P. (2019). Citations, Citation Indicators, and Research Quality: An Overview of Basic Concepts and Theories. *SAGE Open*. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/2158244019829575

Alimisis, D., Alimisi, R., Loukatos, D., & Zoulias, E. (2019). Introducing Maker Movement in Educational Robotics: Beyond Prefabricated Robots and "Black Boxes." In L. Daniela (Ed.), *Smart Learning with Educational Robotics* (pp. 93–115). Springer, Cham. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-19913-5_4

Angel-Fernandez, J. M. (2018). *ER4STEM Framework: Final Versionle*. https://cordis.europa.eu/project/id/665972/es

Angel-Fernandez, J., & Vincze, M. (2018). Towards a Formal Definition of Educational Robotics. *Austrian Robotics Workshop 2018*, 37–42. https://doi.org/10.15203/3187-22-1-08

Angeli, C., & Giannakos, M. (2020). Computational thinking education: Issues and challenges. *Computers in Human Behavior*, *105*. https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106185

Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., & Kardgar, A. (2019). A Systematic Review of Studies on Educational Robotics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, *9*(2). https://doi.org/https://doi.org/10.7771/2157-9288.1223

Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, *75*, 661–670. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.robot.2015.10.008

Avello-Martínez, R., Lavonen, J., & Zapata-Ros, M. (2020). Coding and educational robotics and their relationship with computational and creative thinking. A compressive review. *RED. Revista de Educación a Distancia*, *20*(63), 1–21. https://doi.org/10.6018/red.413021

Bada, S. O. (2015). Constructivism Learning Theory: A Paradigm for Teaching and Learning. *Journal of Research & Method in Education*, *5*(6 Ver. I), 66–70. https://doi.org/10.9790/7388-05616670

Caballero-González, Y. A., & García-Valcárcel, A. (2020a). ¿Aprender con robótica en Educación Primaria? Un medio de estimular el pensamiento computacional. *Education in the Knowledge Society*, *21*, 10–15. https://doi.org/https://doi.org/10.14201/eks.21443

Caballero-González, Y. A., & García-Valcárcel, A. (2020b). Fortaleciendo el pensamiento computacional y habilidades sociales mediante actividades de aprendizaje con robótica educativa en niveles escolares iniciales. *Píxel-Bit. Revista De Medios Y Educación*, *58*, 117–142. https://doi.org/https://doi.org/10.12795/pixelbit.75059

Chalmers, C. (2018). Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, *17*, 93–100. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005

Cheng, Y.-W., Sun, P.-C., & Chen, N.-S. (2018). The essential applications of educational robot: Requirement analysis from the perspectives of experts, researchers and instructors. *Computers & Education*, *126*, 399–416. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.020

Chevalier, M., Giang, C., Piatti, A., & Mondada, F. (2020). Fostering computational thinking through educational robotics: a model for creative computational problem solving. *International Journal of STEM Education*, *7*(1), 39. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00238-z

Ching, Y. H., Yang, D., Wang, S., Baek, Y., Swanson, S., & Chittoori, B. (2019). Elementary School Student Development of STEM Attitudes and Perceived Learning in a STEM Integrated Robotics Curriculum. *TechTrends*, *63*(5), 590–601. https://doi.org/10.1007/s11528-019-00388-0

D'Angelo, M., & Pellegrino, M. A. (2021). Roobopoli: A project to learn robotics by a constructionism-based approach. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *1236 AISC*, 249–257. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52287-2_25

Dolgopolovas, V., & Dagienė, V. (2021). Computational thinking: Enhancing STEAM and engineering education, from theory to practice. *Computer Applications in Engineering Education*, *29*(1), 5–11. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cae.22382

Dolgopolovas, V., Dagienė, V., Jasuté, E., & Jevsikova, T. (2019). Design Science Research for Computational Thinking in Constructionist Education: A Pragmatist Perspective. *Problemos*, *95*, 144–159. https://doi.org/https://doi.org/10.15388/Problemos.95.12

eMedia. (2018). *Educational Robotics*. MEdia literacy and DIgital citizenship for All. https://all-digital.org/projects/emedia-media-literacy-and-digital-citizenship-for-all/

ER4STEM. (2021). *The Educational Robotics Repository*. https://repository.er4stem.com/home

Evripidou, S., Georgiou, K., Doitsidis, L., Amanatiadis, A. A., Zinonos, Z., & Chatzichristofis, S. A. (2020). Educational Robotics: Platforms, Competitions and Expected Learning Outcomes. *IEEE Access*, *8*, 219534–219562. https://doi.org/10.1109/access.2020.3042555

Ferrada-Ferrada, C., Carrillo-Rosúa, J., Díaz-Levicoy, D., & Silva Díaz, F. (2020). La robótica desde las áreas STEM en Educación Primaria: una revisión sistemática. *Education in the Knowledge Society*, *21*(22). https://doi.org/10.14201/eks.22036

Fu, T., Goldstein, M. H., & Golecki, H. M. (2020). The nuts and bolts of robotics in k-12 classrooms: A literature synthesis. *2020 ASEE Virtual Annual Conference*, *2020-June*. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85095761933&partnerID=40&md5=70a82149bf5cbed08f58c45bc4ce1f03

García-Peñalvo, F. J., Conde, M. Á., Gonçalves, J., & Lima, J. (2019). Computational thinking and robotics in education. *Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM 2019)*. https://doi.org/10.1145/3362789.3362957

Goudzwaard, M., Smakman, M., & Konijn, E. (2019). Robots are Good for Profit: A Business Perspective on Robots in Education. *2019 Joint IEEE 9th International Conference on Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL-EpiRob)*, 54–60. https://doi.org/10.1109/DEVLRN.2019.8850726

Habets, O., Stoffers, J., Van der Heijden, B., & Peters, P. (2020). Am I Fit for Tomorrow's Labor Market? The Effect of Graduates' Skills Development during Higher Education for the 21st Century's Labor Market. *Sustainability*, *12*(18), 1–13. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12187746

Haseski, H. İ., İlic, U., & Tuğtekin, U. (2018). Defining a New 21st Century Skill-Computational Thinking: Concepts and Trends. *International Education Studies*, *11*(4), 29–42. https://doi.org/https://doi.org/10.5539/ies.v11n4p29

HolonIQ. (2019). *2019 Robotics & Global Education Report*. https://www.holoniq.com/notes/2019-robotics-report/

Hsu, T.-C., Chang, S.-C., & Hung, Y.-T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, *126*, 296–310. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004

Ioannou, A., & Makridou, E. (2018). Exploring the potentials of educational robotics in the development of computational thinking: A summary of current research and practical proposal for future work. *Education and Information Technologies*, *23*(6), 2531–2544. https://doi.org/10.1007/s10639-018-9729-z

Kert, S. B., Erkoç, M. F., & Yeni, S. (2020). The effect of robotics on six graders' academic achievement, computational thinking skills and conceptual knowledge levels. *Thinking Skills and Creativity*, *38*. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100714

Khoo, K. Y. (2020). A Case Study on How Children Develop Computational Thinking. *International Journal of Educational Technology and Learning*, *9*(1), 39–51. https://doi.org/https://doi.org/10.20448/2003.91.39.51

Kyriazopoulos, I., Koutromanos, G., Voudouri, A., & Galani, A. (2021). Educational Robotics in Primary Education: A Systematic Literature Review. In S. Papadakis & M. Kalogiannakis (Eds.), *Handbook of Research on Using Educational Robotics to Facilitate Student Learning* (pp. 377–401). IGI Global. https://doi.org/http://doi:10.4018/978-1-7998-6717-3.ch015

Lathifah, A., Budiyanto, C., & Yuana, R. A. (2019). The Contribution of Robotics Education in Primary Schools: Teaching and Learning. *The 2nd International Conference on Science, Mathematics, Environment, and Education*, *2194*(1). https://doi.org/10.1063/1.5139785

Lockwood, J., & Mooney, A. (2018). Computational Thinking in Education: Where does it Fit? A systematic literary review. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, *2*(1). https://doi.org/10.21585/ijcses.v2i1.26

Manikutty, G., Lisa M. Frey, L. M., Natarajan, A., Chilakapati, U., Vennila, V., & Rao, R. B. (2019). I Can Also Make Robots! Inspiring Rural Indian Children to Learn Robotics. *2019 IEEE Tenth International Conference on Technology for Education (T4E)*, 78–85. https://doi.org/https://doi.org/10.1109/T4E.2019.00022

Merino-Armero, J. M., González-Calero, J. A., Cózar-Gutiérrez, R., & Villena-Taranilla, R. (2018). Computational Thinking Initiation. An experience with robots in Primary Education. *Journal of Research in Science Mathematics and Technology Education*, *1*(2), 181–206. https://doi.org/10.31756/jrsmte.124

Noh, J., & Lee, J. (2020). Effects of robotics programming on the computational thinking and creativity of elementary school students. *Educational Technology Research and Development*, *68*(1), 463–484. https://doi.org/10.1007/s11423-019-09708-w

OECD. (2021). *What happened to jobs at high risk of automation?* http://www.oecd.org/future-of-work/

OurKids. (2021). *Robotics Camps for Kids*. https://www.ourkids.net/robotics-camps.php

Piazza, A., & Mengual-Andrés, S. (2020). El pensamiento computacional y la codificación en la educación primaria: la productividad científica en SCOPUS . *Píxel-Bit. Revista De Medios Y Educación*, *59*, 147–181. https://doi.org/https://doi.org/10.12795/pixelbit.79769

Reyero Sáez, M. (2019). La educación constructivista en la era digital. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, *12*, 111–127. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6775566

Román, P., Hervás, C., Martín, A. H., & Fernández, E. (2020). Perceptions about the Use of Educational Robotics in the Initial Training of Future Teachers: A Study on STEAM Sustainability among Female Teachers. *Sustainability*, *12*(10). https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12104154

Ronsivalle, G. B., Boldi, A., Gusella, V., Inama, C., & Carta, S. (2019). How to Implement Educational Robotics' Programs in Italian Schools: A Brief Guideline According to an Instructional Design Point of View. *Technology, Knowledge and Learning*, *24*(2), 227–245. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10758-018-9389-5

Ruiz, F., Zapatera, A., & Montes, N. (2021). Curriculum analysis and design, implementation, and validation of a STEAM project through educational robotics in primary educationitle. *Computer Applications in Engineering Education*, *29*(1), 160–174. https://doi.org/https ://doi.org/10.1002/cae.22373

Sánchez-Vera, M. del M. (2019). El pensamiento computacional en contextos educativos: una aproximación desde la Tecnología Educativa. *Research in Education & Learning Innovation Archives*, *23*, 24–39. https://doi.org/10.7203/realia.23.15635

Schad, M., & Jones, W. M. (2020). The Maker Movement and Education: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Research on Technology in Education*, *52*(1), 65–78. https://doi.org/10.1080/15391523.2019.1688739

Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, *22*, 142–158. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003

Tikva, C., & Tambouris, E. (2021). Mapping computational thinking through programming in K-12 education: A conceptual model based on a systematic literature Review. *Computers & Education*, *162*, 104083. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104083

Tselegkaridis, S., & Sapounidis, T. (2021). Simulators in Educational Robotics: A Review. *Education Sciences*, *11*, 11. https://doi.org/10.3390/educsci11010011

UNESCO. (2017). *Cracking the Code: Girls' and Women's Education in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM)*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000260079

Xia, L., & Zhong, B. (2018). A systematic review on teaching and learning robotics content knowledge in K-12. *Computers & Education*, *127*, 267–282. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.007

Zhang, Y., Luo, R., Zhu, Y., & Yin, Y. (2021). Educational Robots Improve K-12 Students' Computational Thinking and STEM Attitudes: Systematic Review. *Journal of Educational Computing Research*, 073563312199407. https://doi.org/10.1177/0735633121994070

10.- ANEXOS

10.1.- Tabla nº 1. Ejemplo de iniciativa educativa robótica en eMedia: Construir un coche-robot sin conductor

Adaptación del cuadro explicativo de la actividad en el informe eMedia (2018)

ACTIVIDAD
Actividad 6 - Construir un coche-robot sin conductor

DURACION
3 horas repartidas entre la actividad principal y la actividad extra

MATERIALES NECESARIOS
--> Kit para construir un robot ROSA o BYOR
--> Ordenador con conexión a internet
--> Botellas de plástico y cartones
--> Destornilladores y pegamento
--> Folios de papel
--> Lápices

DESCRIPCION Y OBJETIVOS
Los kits robóticos ROSA y BYOR son similares, de código abierto, controlables mediante Arduino y de fácil montaje. Constan de un microcontrolador Arduino One, un sensor ultrasónico, dos motores y una unidad de control motor. **El objetivo de la actividad es aprender a resolver problemas mecánicos, eléctricos y de software, mediante el montaje y la programación de un sencillo coche-robot sin conductor, para conseguir que se mueva evitando obstáculos mediante su sensor ultrasónico.**

IMPLEMENTACION
En la actividad principal el alumnado deberá construir el coche robot partiendo únicamente de la observación de la foto de un robot previamente montado. Simularán su comportamiento en Open Roberta y completarán su programación en Snap4Arduino. **En la actividad extra, el alumnado deberá modificar el chasis del robot ROSA utilizando materiales de reciclaje, y ademas modificarán su programación previa mediante Arduino IDE.**

INFORMACION Y RECURSOS ADICIONALES
--> d-clicsnumeriques.org - Parcours "Robotique"
--> byor.scuoladirobotica.it

10.2.- Tabla nº 2. Ejemplo de iniciativa educativa robótica en eMedia: Construir un brazo robótico humanoide

Adaptación del cuadro explicativo de la actividad en el informe eMedia (2018)

ACTIVIDAD
Actividad 8 - El brazo robótico: una introducción a los robots humanoides

DURACION
1 hora y 30 minutos excluyendo el tiempo necesario para le montaje del robot.

MATERIALES NECESARIOS
--> Kit Poppy Ergo Jr
--> Ordenador con conexión a internet
--> Folios de papel
--> Lápices

DESCRIPCION Y OBJETIVOS
El robot Poppy Ergo Jr. Ergo Jr consiste en un brazo robótico controlado por una placa Raspberry Pi. Cuenta con 6 motores para reproducir movimientos y elementos impresos en 3D. Opcionalmente se le puede instalar una cámara. **El objetivo de la actividad es introducir al alumnado a los robots humanoides a traves de actuar sobre el brazo robótico Poppy Ergo Jr. mediante la modificación de sus programas de demostración.**

IMPLEMENTACION
Trabajando en grupo, el alumnado deberá crear un programa para que el brazo robótico lance una pelota. Dispondrán de 1 hora para completar la tarea.

INFORMACION Y RECURSOS ADICIONALES
--> www.poppy-project.org/en/robots/poppy-ergo-jr
--> drive.google.com/uc?export=download&id=0B2jV-8VX-lQHwTUxXZjF3OGxHVGM
--> www.generationrobots.com

10.3.- Tabla nº 3. Ejemplo de iniciativa educativa robótica en ER4STEM: Construir un robot y hacerlo inteligente

Adaptación del cuadro explicativo de la actividad en el proyecto ER4STEM (2021)

ACTIVIDAD
Construir un robot y hacerlo inteligente

DURACIÓN
7 horas y 30 minutos repartidas en tres sesiones de duración similar

MATERIALES NECESARIOS
--> Kit de LEGO Mindstorms NXT y el entorno de programación LEGO **--> Ordenador con conexión a internet** **--> Dash & Dot** **--> Robotic Dreams** **--> MOSS**

DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS
Los kits de construcción robótica de LEGO disponen de componentes, motores y sensores que permiten la construcción de diferentes tipos de robots para abordar tareas específicas. El entorno de programación de LEGO es un intuitivo lenguage gráfico basado en la manipulación de iconos. **El objetivo de la actividad es que el alumnado aprenda las características robóticas básicas mediante la construcción de un vehículo autónomo.**

IMPLEMENTACIÓN
En las dos primeras fases, el alumnado (de entre 10 y 14 años) trabajando en equipo, debe construir y programar el vehículo robótico, logrando que se desplace por un itinerario previamente establecido y programado, evitando colisionar con obstáculos. **En la fase tercera, el alumnado debe modificar la programación del vehículo robótico para que consiga detectar automáticamente obstaculos imprevistos y sea capáz de implementar movimientos para superarlos de manera autónoma.**

INFORMACIÓN Y RECURSOS ADICIONALES
No se especifican.