

TESIS DOCTORAL

2024

PROGRAMA DE DOCTORADO:
EDUCACIÓN

LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA
UN CAMBIO METODOLÓGICO PARA EL TRABAJO EN EL AULA

PRESENTADA POR:

ROGELIO BUCETA OTERO

DIRIGIDA POR:

Dr. JOSÉ MANUEL SAEZ LÓPEZ
Dr. JOSÉ LUIS GARCÍA LLAMAS

Dedicatorias

A Inés, por estar siempre ahí y por estar orgullosa de cada paso que doy en la vida. Todo esto sería imposible sin el amor incondicional que me demuestras y la estabilidad anímica que me aportas.

A toda mi familia, tanto la gallega como la andaluza, porque os llevo en el corazón en todas las actividades que hago. Especialmente a Jorge, Gonzalo y Nicolás, que podréis vivir todos los avances tecnológicos que se produzcan en el futuro.

A todos los alumnos y alumnas que he tenido a lo largo de mi carrera profesional. Sois los que realmente me habéis dado energía para seguir formándome y habéis conseguido que vaya a diario al instituto con la misma ilusión que en mis inicios como profesor. Cualquier esfuerzo y tiempo empleado nunca es suficiente para compensar todo lo que me regaláis día a día.

¡Una y mil gracias!

Agradecimientos

Al Doctor D. José Cardona Andújar por haberme aceptado como doctorando al final de su dilatada y productiva carrera profesional.

Al Doctor D. José Manuel Sáez López por servirme de guía y mostrar un apoyo y disponibilidad constante durante la realización de la presente tesis doctoral. Sus correcciones y sugerencias siempre fueron constructivas y ayudaron a mejorar mi trabajo.

Al Doctor D. José Luis García Llamas por codirigir esta tesis y por su contribución en mi formación como doctorando.

A Dña. Mónica Garrido Escudero, directora del IES Ciudad de Dalías durante la realización del presente estudio, por facilitarme todo lo necesario para realizar el experimento y por su ayuda durante toda la investigación.

A D. Daniel López por ayudarme a reconducir el análisis estadístico y por esas fantásticas lecciones sobre la interpretación de los resultados.

Al departamento de matemáticas del IES Ciudad de Dalías por su inestimable colaboración durante la realización del estudio, especialmente al jefe de departamento, D. José Manuel Bonillo y al profesor D. Jaime Alberto por su disponibilidad para llevar al aula el trabajo con el robot mBot.

A Dña. Marta Fuentes y D. Charly Sánchez por las propuestas estéticas y las recomendaciones para presentar la tesis doctoral.

Al profesor D. Pablo Fernández Morales por su contribución con las fotografías y su post edición y por haberme apoyado en los momentos difíciles durante la elaboración del estudio.

A D. José Antonio Medina por su enorme predisposición para ayudarme en todos los proyectos con base digital y por ser el referente informático en el que me quiero ver reflejado.

A D. Daniel Sanz por sus enseñanzas en el uso y manejo avanzado del programa mBlock y el programa para el robot mBot.

A los profesores Dña. M^a Inés Díaz y Dña. Inmaculada Martínez por su ayuda con las traducciones al francés e inglés.

A la Universidad Nacional de Educación a Distancia por haberme acogido como estudiante cuando ya pensaba que mi formación reglada había llegado a su fin y por facilitarme los recursos necesarios durante todo el proceso investigador.

A la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía por haberme asesorado sobre las cuestiones legales y por dotar a los centros de todo lo necesario para llevar a cabo un buen trabajo docente.

A todos mis compañeros y compañeras del IES Ciudad de Dalías por todo lo que he aprendido de ellos durante todos estos años.

A las familias del alumnado participante en el estudio por autorizarme y permitir llevar a cabo una intervención real en el aula.

A todos los alumnos y alumnas que han participado desinteresadamente, por la actitud y esfuerzo mostrado en todas las sesiones y por ser pacientes en los momentos en los que se organizaban las pruebas.

A todas aquellas personas que no he nombrado anteriormente y que han participado de alguna forma en esta tesis doctoral.

RESUMEN

Se ha realizado un estudio cuyo objetivo principal se centró en describir, comparar y asociar los resultados que obtienen los alumnos y alumnas de la ESO que utilizan y no utilizan robots en el aprendizaje de conocimiento en ejes de coordenadas. Es un estudio cuasi experimental en el que se buscaron los efectos alcanzados en diversas escalas (aprendizaje activo, conceptos computacionales y ludificación, conceptos matemáticos, la utilidad percibida y la diversión y disfrute durante las actividades de aprendizaje) del trabajo con robots y sin robots en el aula. La muestra seleccionada está formada por alumnado de Educación Secundaria Obligatoria de la provincia de Almería. Debido a la dificultad que entraña la utilización de un muestreo aleatorio, se optó por un enfoque no probabilístico e intencional, buscando una muestra heterogénea. La muestra está compuesta por un total de 49 sujetos (grupo control $n=25$; grupo experimental $n=24$). Cabe destacar que el 46,9% de los sujetos son mujeres y el 53,1% son hombres del primer curso de la Educación Secundaria Obligatoria.

Es una investigación que pretende abordar una realidad cada vez más extendida en el entorno educativo en una época en la que las nuevas tecnologías ocupan un lugar cada más destacado dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje. Son varias las corrientes que defienden que la utilización de robots tienen efectos directos sobre los jóvenes estudiantes (Ortega & Lázaro, 2022; Sáez *et al.*, 2021; Bers, 2017; Di Lieto *et al.*, 2017; Sullivan & Bers, 2016), aunque existen otras también que cuestionan los efectos reales de estas nuevas metodologías en los resultados académicos. La hipótesis de la investigación indica que “Los alumnos y alumnas de Educación Secundaria Obligatoria que trabajan con robots obtienen mejores resultados sobre conocimiento en ejes de coordenadas”.

Para la realización del estudio se utilizó el robot sigue líneas mBot, con una programación específicamente diseñada para trabajar encima de un tablero formado por cuadrículas que simulaban las distintas coordenadas, tanto en el eje x como en el eje y. Para la valoración de los efectos de la robótica se seleccionaron varios ítems de las escalas de Aprendizaje activo (Hiltz *et al.*, 2000), de Conceptos computacionales y ludificación (Sáez López *et al.*, 2016), de Conceptos matemáticos (elaboración propia), de Utilidad percibida (adaptada de Davis *et al.*, 2002) y de Diversión/disfrute durante las actividades de aprendizaje (adaptada de Laros & Steenkamp, 2005). Para la valoración de los resultados académicos se diseñaron una serie de ejercicios con cuestiones propias de los contenidos trabajados.

Inicialmente se llevó a cabo un estudio piloto ($n=10$) con la intención de comprobar que los jóvenes estudiantes comprendían bien todo lo que se preguntaba en los

cuestionarios, haciendo las modificaciones de expresión en los casos en los que era preciso.

El grupo control recibió docencia siguiendo el estilo tradicional, utilizando el libro de texto y siguiendo metodologías directivas en las que el profesor es el pilar fundamental en proceso de enseñanza y aprendizaje. Al grupo experimental se le presentó una serie de desafíos enmarcados en los "Juegos Olímpicos Cartesianos" en grupos estables de tres componentes a lo largo de tres sesiones que debían solucionar con ayuda del robot mBot. Para facilitar la comprensión, se desarrolló una "Guía de Trabajo para su aplicación en el Aula".

Al terminar la intervención, se aplicaron tanto los cuestionarios como los ejercicios de aplicación práctica al grupo experimental y al grupo control.

Para el análisis de los datos se utilizó el SPSS ver.27 para Windows. Inicialmente se calcularon los estadísticos descriptivos, elaborando los gráficos adecuados a las distintas variables. A continuación se realizaron las pruebas de inferencia estadística necesarias estudiando las distintas relaciones existentes entre los subgrupos generados.

Los resultados obtenidos no permiten afirmar rotundamente que se obtienen unas mejoras notables con el uso de robots educativos en el trabajo de coordenadas cartesianas puesto que no se obtienen unos valores estadísticamente significativos. En este entorno, únicamente las dimensiones relacionadas con los conceptos Computacionales y Ludificación muestran diferencias significativas entre el grupo control y el experimental, además de encontrarse mejorías parciales en las otras escalas. Estos resultados permiten obtener como conclusiones principales que el uso de robots en el ámbito educativo facilita la calidad y rapidez del aprendizaje, aumenta los conocimientos computacionales y matemáticos, mejora la comprensión del concepto de eje de coordenadas y se realizan operaciones básicas con más facilidad utilizando coordenadas, mejorías que no se ven reflejadas directamente en los resultados de rendimiento académico obtenidos al finalizar el trabajo de estos contenidos concretos.

En cualquier caso, estas afirmaciones deben ser tomadas en cuenta con cautela, puesto que la utilización de este tipo de robots en el ámbito educativo está en sus primeras fases, y el número de los estudios publicados hasta la fecha sobre los efectos no son lo suficientemente numerosos para poder contrastarlos adecuadamente.

ABSTRACT

A study has been carried out which main objective was focused on describing, comparing and associating the results obtained by ESO (Compulsory Secondary Education) students who use or do not use robots in learning knowledge in coordinate axes.

It is a quasi-experimental study which searches for the effects achieved at different scales of work, including students working with or without robots in the classroom. These scales were active learning, computational concepts and gamification, mathematical concepts, perceived usefulness and fun and enjoyment during learning activities. The selected sample is made up of Compulsory Secondary Education students from the province of Almeria. Due to the difficulty involved in using a random sample, a non-probabilistic and intentional approach was chosen, seeking a heterogeneous sample. The sample is made up of a total of 49 subjects (control group $n=25$; experimental group $n=24$). It should be noted that 49.9% of the subjects are women and 53.1% are men in the first year of Compulsory Secondary Education.

It is a research that aims to address an increasingly widespread reality in the educational environment, at a time when new technologies occupy an increasingly prominent place in the teaching and learning process. There are several currents that defend that the use of robots has direct effects on young students (Ortega & Lázaro, 2022; Sáez López *et al.*, 2021; Bers, 2017; Di Lieto *et al.*, 2017; Sullivan & Bers, 2016), although there are others that question the real effects of these new technologies on academic results. The research hypothesis indicates that "Compulsory Secondary Education students who work with robots obtain better results regarding knowledge in coordinate axes".

To carry out the study, the mBot line-following robot was used, with programs specifically designed to work on a board made up of grids that simulated the different coordinates, both on the x-axis and the y-axis. To assess the effects of robotics, several items were selected from the Active Learning scales (Hiltz *et al.*, 2000), Computational concepts and gamification (Sáez López *et al.*, 2016), Mathematical concepts (own elaboration), Perceived usefulness (adapted from Davis *et al.*, 2002) and Enjoyment during learning activities (adapted from Laros & Steenkamp, 2005). To evaluate the academic results, a series of exercises were designed with questions specifically related to the content worked on.

Initially, a pilot study was carried out ($n=10$) with the intention of verifying that the young students understood well everything that was asked in the questionnaires, making expression modifications where necessary.

The control group received teaching following the traditional style, using the textbook and following directive methodologies in which the teacher is the fundamental support in the teaching and learning process. The experimental group was presented with a series of

challenges framed in the "Cartesian Olympic Games" in stable groups of three components over three sessions that they had to solve with the help of the mBot robot. To facilitate understanding, a "Work Guide for its application in the Classroom" was developed.

At the end of the intervention, both the questionnaires and the practical application exercises were applied both to the experimental and the control group.

SPSS ver.27 for Windows was used to analyze the data. Initially, the descriptive statistics were calculated, preparing the appropriate graphs for the different variables. Next, the necessary statistical inference tests were carried out, studying the different relationships between the generated subgroups.

The results obtained do not allow us to categorically state that notable improvements are obtained with the use of educational robots in the work of Cartesian coordinates since no statistically significant values are obtained. In this environment, only the dimensions related to the Computational and Gamification concepts show significant differences between the control and experimental groups, in addition to partial improvement being found in the other scales. These results allow us to obtain the main conclusions that the use of robots in the educational field facilitates the quality and speed of learning, increases computational and mathematical knowledge, improves the understanding of the concept of coordinate axis and basic operations are performed more easily using coordinates, improvements that are not directly reflected in academic performance results obtained at the end of the work on these specific contents.

In any case, these statements must be taken into account cautiously, since the use of this type of robots in the educational field is in its early stages. And the numbers of studies published to date on the effects are not numerous enough to be able to contrast them properly.

ABSTRACT

On a réalisé une étude dont l'objectif principal était de décrire, comparer et associer les résultats obtenus par les étudiants de l'ESO qui utilisent et n'utilisent pas de robots dans l'apprentissage des connaissances dans l'axe de coordonnées. C'est une étude quasi expérimental où on a cherché les effets obtenus dans les différentes échelles (de l'apprentissage actif, des concepts informatiques et amusants, des concepts mathématiques, le bénéfice reçu et le plaisir y la jouissance des activités d'apprentissage) du travail avec des robots y sans robots dans la salle de classe. L'échantillon sélectionné est composé d'élèves de l'enseignement secondaire obligatoire de la province d'Almería. En raison de la difficulté d'utiliser un échantillonnage aléatoire, une approche non probabiliste et intentionnelle a été choisie, recherchant un échantillon hétérogène. L'échantillon est composé d'un total de 49 sujets (groupe n=25 ; groupe expérimental n=24), à noter que 46,5% des sujets sont des femmes et 53,1% sont des hommes en première année de l'enseignement secondaire.

Il s'agit d'une recherche qui vise à aborder une réalité de plus en plus répandue dans le milieu éducatif, à une époque où les nouvelles technologies occupent une place de plus en plus importante dans le processus d'enseignement et d'apprentissage. Il y a plusieurs courants qui soutiennent que l'utilisation de robots a des effets directs sur les jeunes étudiants (Ortega & Lázaro, 2020; Sáez *et al.*, 2021 ; Bers, 2017 ; Di Lieto *et al.*, 2017 ; Sullivan & Bers, 2016), même s'il y a d'autres. qui questionnent les effets réels de ces nouvelles méthodologies sur les résultats académiques. L'hypothèse de recherche indique que « les élèves de l'enseignement secondaire obligatoire qui travaillent avec des robots obtiennent de meilleurs résultats en matière de connaissances sur les axes de coordonnées ».

Pour réaliser l'étude, on a utilisé le robot des lignes mBot, avec une programmation spécialement conçue pour travailler sur un tableau composé de grilles simulant les différentes coordonnées, tant sur l'axe des x que sur l'axe des y. Pour évaluer les effets de la robotique, plusieurs éléments ont été sélectionnés parmi les échelles d'apprentissage actif (Hiltz *et al.*, 2000), les concepts informatiques et la gamification (Sáez López *et al.*, 2016), les concepts mathématiques (propre élaboration), l'utilité perçue (adapté de Davis *et al.*, 2002) et la jouissance pendant les activités (Laros & Steenkamp, 2005). Pour évaluer les résultats académiques, une série d'exercices a été conçue avec des questions spécifiques au contenu travaillé.

Au début, une étude pilote a été réalisée (n=10) dans le but de vérifier que les jeunes étudiants comprenaient bien tout ce qui était demandé dans les questionnaires, en apportant des modifications d'expression dans les cas où cela était nécessaire.

Le groupe témoin a reçu l'enseignement selon le style traditionnel, en utilisant le manuel et en suivant des méthodologies directives où l'enseignant est le centre fondamental du processus d'enseignement et d'apprentissage. Le groupe expérimental s'est vu présenter une série de défis encadrés dans le cadre des Jeux Olympiques cartésiens en groupes stables de trois composants sur trois sessions qu'ils ont dû résoudre avec l'aide du robot mBot. Pour faciliter la compréhension, on a développé un « Guide de travail pour son application en classe » a été élaboré.

À la fin de l'intervention, tant les questionnaires que les exercices d'application pratique ont été appliqués au groupe expérimental et au groupe témoin.

SPSS ver.27 pour Windows a été utilisé pour analyser les données. Dans un premier temps, les statistiques descriptives ont été calculées, en préparant les graphiques appropriés pour les différentes variables. Ensuite, les tests d'inférence statistique nécessaires ont été réalisés, étudiant les différentes relations entre les sous-groupes générés.

Les résultats obtenus ne permettent pas d'affirmer catégoriquement que des améliorations notables sont obtenues avec l'utilisation de robots éducatifs dans le travail des coordonnées cartésiennes puisqu'aucune valeur statistiquement significative n'est obtenue. Dans cet environnement, seules les dimensions liées aux concepts Computational et Gamification montrent des différences significatives entre les groupes témoin et expérimental, en plus des améliorations partielles constatées dans les autres échelles. Ces résultats nous permettent d'obtenir les principales conclusions selon lesquelles l'utilisation de robots dans le domaine éducatif facilite la qualité et la rapidité de l'apprentissage, augmente les connaissances informatiques et mathématiques, améliore la compréhension du concept d'axe de coordonnées et les opérations de base sont effectuées plus facilement en utilisant les coordonnées, des améliorations qui ne se reflètent pas directement dans les résultats académiques obtenus à la fin du travail sur ces contenus spécifiques.

Quoi qu'il en soit, ces affirmations doivent être prises en compte prudemment, car l'utilisation de ce type de robots dans le domaine éducatif est à ses débuts et le nombre d'études publiées à ce jour sur les effets n'est pas suffisamment nombreux pour pouvoir les contraster adéquatement.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
PRIMERA PARTE: CONTEXTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	5
CAPÍTULO 1: La robótica educativa como herramienta tecnológica para el aprendizaje.....	7
1.1. Concepto de robótica educativa: aproximación y definición.....	9
1.2. Orígenes y situación actual de la robótica educativa	10
1.2.1. Comienzos y evolución	10
1.2.2. Programas STEAM	14
1.2.2.1. Fondos Europeos para el fomento de su uso	16
-El horizonte Europa 2021-2027	16
-Plan de acción de la Educación Digital 2021-2027	18
1.2.2.2. Objetivos del ámbito STEAM	19
1.2.3. Horizonte metodológico: Aulas del Futuro.....	20
1.2.4. Tinkering. Objetivos del desarrollo sostenible	23
1.3. Paradigmas metodológicos de la robótica educativa	26
1.3.1. El constructivismo como paradigma educativo.....	26
1.3.2. La experimentación creativa y el construccionismo	29
1.3.3. Estudiantes autónomos con Flipped Classroom	30
1.3.4. Socialización y trabajo en equipo mediante la robótica	32
1.3.5. Ludificación y gamificación en el aula	34

1.4.Perspectivas de la robótica educativa en el ámbito educativo.....	36
CAPÍTULO 2: Tecnología utilizada en la robótica educativa	39
2.1.Robots y otros dispositivos utilizados en la enseñanza	41
2.1.1.Robots de suelo	42
2.1.1.1.Blue-bot.....	42
2.1.1.2.Clementoni Super Doc.....	43
2.1.1.3.Code & Go	44
2.1.1.4.Codey Rocky	45
2.1.1.5.Cubetto	46
2.1.1.6.Dash & Dot.....	47
2.1.1.7.Edelvives NEXT.....	48
2.1.1.8.Edison.....	49
2.1.1.9.EscornaBot.....	50
2.1.1.10.Finch Robot	51
2.1.1.11.Maqueen.....	53
2.1.1.12.mBot.....	54
2.1.1.13.Micro:bit	55
2.1.1.14.Ozobot bit.....	56
2.1.1.15.Pro-Bot	57
2.1.1.16.Sphero SPRK+	58
2.1.1.17.Thymio	59
2.1.1.18.Xtrem Bots Andy.....	61
2.1.2.Tabla comparativa de robots de suelo	63

2.2.La programación en el ámbito educativo.....	64
2.2.1.Algoritmos	64
2.2.2.Pensamiento computacional desenchufada (unplugged).....	66
2.2.3.La codificación en contextos educativos.....	68
2.2.4.Programación en bloques.....	69
2.3.Recursos para programar robots en el contexto educativo	71
2.3.1.Plataformas de programación.....	71
2.3.1.1.Arduino Education.....	71
2.3.1.2.Code.org	72
2.3.1.3.Codeacademy.....	72
2.3.1.4.Google for Education	72
2.3.1.5.LEGO Education	73
2.3.1.6.Scratch	73
2.3.1.7.Makeblock.....	74
2.3.1.8.MIT App Inventor	74
2.3.1.9.Ozobot Classroom	75
2.3.1.10.Robot Mesh y Robot Virtual Words.....	75
2.3.1.11.Tinkercad	75
2.3.1.12.VEX Robotics	76
CAPÍTULO 3: Enseñanza de las coordenadas cartesianas en matemáticas a través de la robótica	77
3.1.Enseñanza tradicional vs nuevas tecnologías	79
3.2.Justificación del uso de robots en la enseñanza de coordenadas en matemáticas.....	80

3.3.Estrategias para integrar la robótica en el currículo escolar.....	82
3.4.Desarrollo de habilidades a través de la robótica en el área de matemáticas.....	83
3.5.La robótica en la comprensión de conceptos matemáticos.....	85
3.5.1.Representación de puntos en el plano usando pares ordenados (X, Y).....	86
3.5.3.Movimiento a ubicaciones específicas en planos cartesianas utilizando pares ordenados (X, Y).....	87
3.6.Retos y dificultades en el uso de robots en el aula.....	88
SEGUNDA PARTE: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	91
CAPÍTULO 4: Metodología de la investigación.....	93
4.1.Objetivos del estudio.....	95
4.1.1.Objetivo general.....	95
4.1.2.Objetivos específicos.....	95
4.2.Hipótesis de la investigación.....	96
4.3.Tipo de estudio.....	96
4.4.Descripción y naturaleza de las variables utilizadas.....	97
4.5.Descripción de los instrumentos.....	100
4.5.1.El robot mBot siguelíneas y el tablero de juego.....	100
4.5.2.Los cuestionarios y las herramientas de análisis.....	102
4.6.La muestra.....	105
4.7.Procedimiento.....	107
4.7.1.Obtención de los permisos para la realización de la investigación....	107
4.7.2.Realización de un estudio piloto.....	107

4.7.3. Intervención y recogida de los datos	109
4.7.4. Temporalización del proceso de investigación	116
4.8. Tratamiento estadístico y análisis de los datos	118
CAPÍTULO 5: Resultados de la investigación	119
5.1. Análisis descriptivos de las distintas variables en función del género y la utilización del mBot	121
5.1.1. Escalas	121
5.1.1.1. Escala de Aprendizaje Activo	122
5.1.1.2. Escala de Conceptos Computacionales y Ludificación.	125
5.1.1.3. Escala de Conceptos Matemáticos	128
5.1.1.4. Escala de Utilidad Percibida	131
5.1.1.5. Escala de Diversión/Disfrute durante las Actividades de Aprendizaje	134
5.1.2. Conocimiento de los sistemas de coordenadas	137
5.2. Análisis de la influencia del mBot en el trabajo con coordenadas cartesianas	139
5.2.1. Escala de Aprendizaje Activo	139
5.2.2. Escala de Conceptos Computacionales y Ludificación	141
5.2.3. Escala de Conceptos Matemáticos	143
5.2.4. Escala de Utilidad Percibida	145
5.2.5. Escala de Diversión/Disfrute durante las Actividades de Aprendizaje	147
5.2.6. Conocimiento de los sistemas de coordenadas	149
5.3. Relación entre las escalas y los resultados académicos	151
CAPÍTULO 6: Discusión y conclusiones	155

6.1.Discusión	157
6.2.Conclusiones.....	163
CAPÍTULO 7: Perspectivas de futuro	167
CAPÍTULO 8: Referencias bibliográficas	175
ANEXOS	203
ANEXO I: Solicitud al Ministerio de Educación y Formación Profesional	205
ANEXO II: Solicitud a la directora del centro.....	206
ANEXO III: Solicitud a los padres y madres del alumnado	207
ANEXO IV: Autorización para la utilización y publicación de fotografías	209
ANEXO V: Guía de trabajo para su aplicación en el aula	210
ANEXO VI: Cuestionario sobre las dimensiones de la investigación	216
ANEXO VII: Cuestionario sobre conocimientos matemáticos.....	220
ANEXO VIII: Vale por un desayuno	224
ANEXO IX: Tablero de juego.....	225
ANEXO X: Programa mBot.....	227

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Relaciones entre modelos de robots, edad de los usuarios y entornos de programación	63
Tabla 2.	Relaciones entre las variables de identificación, sus indicadores y los ítems.....	97
Tabla 3.	Descripción de las escalas, sus indicadores y los ítems	98
Tabla 4.	Descripción de los indicadores de las preguntas y los ítems del cuestionario de conocimiento de los sistemas de coordenadas ...	99
Tabla 5.	Descripción de las variables de identificación con sus indicadores, naturaleza, escala y unidades de medida	99
Tabla 6.	Descripción del conocimiento de los sistemas de coordenadas con sus indicadores, naturaleza, escalas y unidad.....	100
Tabla 7.	Descripción de las escalas con sus indicadores, naturaleza, escala y unidades de medida.....	100
Tabla 8.	Ítems afectados por alguna modificación en su redacción	108
Tabla 9.	Puntuación del reto “Vete al punto”	112
Tabla 10.	Puntuación del reto “Sal del laberinto”	113
Tabla 11.	Puntuación del reto “Taller de reciclaje”	114
Tabla 12.	Resumen de la temporalización del proceso de investigación (I)..	116
Tabla 13.	Resumen de la temporalización del proceso de investigación (II).	117
Tabla 14.	Estadísticos descriptivos de la Escala de Aprendizaje activo	124
Tabla 15.	Estadísticos descriptivos de la Escala de Conceptos Computacionales y Ludificación	127
Tabla 16.	Estadísticos descriptivos de la Escala de Conceptos Matemáticos ..	130

Tabla 17.	Estadísticos descriptivos de la Escala de Utilidad Percibida.....	133
Tabla 18.	Estadísticos descriptivos de la Escala de Diversión/ Disfrute durante las actividades.....	136
Tabla 19.	Estadísticos descriptivos del Conocimiento de los Sistemas de Coordenadas.....	138
Tabla 20.	Test de Mann-Whitney aplicado a la Escala de Aprendizaje Activo ...	139
Tabla 21.	Test de Mann-Whitney aplicado a la Escala de Conceptos Computacionales y Ludificación	141
Tabla 22.	Test de Mann-Whitney aplicado a la Escala de Conceptos Matemáticos.....	143
Tabla 23.	Test de Mann-Whitney aplicado a la Escala de Utilidad Percibida	145
Tabla 24.	Test de Mann-Whitney aplicado a la Escala de Diversión/ disfrute durante las actividades de Aprendizaje	147
Tabla 25.	Resultados de la prueba de Levene y del test de Kolmogorov- Smirnov	150
Tabla 26.	Test de Mann-Whitney aplicado a los Resultados Académicos	150
Tabla 27.	Tau C de Kendall entre GLOBAL APRENDIZAJE ACTIVO* RESULTADO GLOBAL.....	151
Tabla 28.	Tau C de Kendall entre GLOBAL CONCEPTOS COMPUTACIONALES* RESULTADO GLOBAL.....	152
Tabla 29.	Tau C de Kendall entre GLOBAL CONCEPTOS MATEMÁTICOS* RESULTADO GLOBAL.....	152
Tabla 30.	Tau C de Kendall entre GLOBAL UTILIDAD PERCIBIDA* RESULTADO GLOBAL.....	152
Tabla 31.	Tau C de Kendall entre GLOBAL DIVERSIÓN* RESULTADO GLOBAL.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Pilares del Horizonte Europa 2021-2027	17
Figura 2.	Zonas de aprendizaje propuestas del Aula del Futuro	22
Figura 3.	Objetivos de desarrollo sostenible de la UNESCO	25
Figura 4.	Visión frontal del Blue Bot®	43
Figura 5.	Visión frontal del Clementoni® Super Doc.....	44
Figura 6.	Visión zenital del Code & Go®.....	45
Figura 7.	Visión lateral del Codey Rocky®	46
Figura 8.	Visión frontal del Cubetto®.....	47
Figura 9.	Visión del Dash & Dot®	48
Figura 10.	Visión frontal del Next 2.0®	49
Figura 11.	Visión del robot Edison®	50
Figura 12.	Visión zenital del robot EscornaBot®	51
Figura 13.	Visión del robot Finch Robot®	52
Figura 14.	Visión del robot Maqueen®.....	54
Figura 15.	Visión del robot mBot®	55
Figura 16.	Visión de kits de desarrollo Micro:bit®	56
Figura 17.	Visión del robot Ozobot Bit®	57
Figura 18.	Visión del robot Pro-Bot®	58
Figura 19.	Visión del robot Sphero SPRK+®	59
Figura 20.	Visión del robot Thymio®	60

Figura 21.	Visión del robot Xtrem Bots Andy®	62
Figura 22.	Ejemplo de distintos bloques de programación	69
Figura 23.	Mando a distancia infrarrojo	101
Figura 24.	Sensor siguelíneas	101
Figura 25.	Diversas posiciones de los sensores en función de los colores	101
Figura 26.	Tablero de juego.....	102
Figura 27.	Colocación del mBot en el tablero de coordenadas	110
Figura 28.	Envío de las coordenadas al mBot utilizando el mando a distancia..	111
Figura 29.	Detalle del funcionamiento de la ruleta virtual	112
Figura 30.	Ubicación de los distintos puntos de reciclaje.....	113
Figura 31.	Ejemplo de pregunta de la segunda parte	115

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Distribución de la muestra por género y uso del mBot.....	105
Gráfico 2.	Distribución de la muestra por género	106
Gráfico 3.	Frecuencia en la Escala de Aprendizaje Activo en el subgrupo Hombres con uso del mBot.....	122
Gráfico 4.	Frecuencia en la Escala de Aprendizaje Activo en el subgrupo Hombres sin uso del mBot.....	122
Gráfico 5.	Frecuencia en la Escala de Aprendizaje Activo en el subgrupo Mujeres con uso del mBot	123
Gráfico 6.	Frecuencia en la Escala de Aprendizaje Activo en el subgrupo Mujeres sin uso del mBot	123
Gráfico 7.	Frecuencia en la Escala de Conceptos Computacionales en el subgrupo Hombres con uso del mBot	125
Gráfico 8.	Frecuencia en la Escala de Conceptos Computacionales en el subgrupo Hombres sin uso del mBot	125
Gráfico 9.	Frecuencia en la Escala de Conceptos Computacionales en el subgrupo Mujeres con uso del mBot.....	126
Gráfico 10.	Frecuencia en la Escala de Conceptos Computacionales en el subgrupo Mujeres sin uso del mBot	126
Gráfico 11.	Frecuencia en la Escala de Conceptos Matemáticos en el subgrupo Hombres con uso del mBot	128
Gráfico 12.	Frecuencia en la Escala de Conceptos Matemáticos en el subgrupo Hombres sin uso del mBot	128
Gráfico 13.	Frecuencia en la Escala de Conceptos Matemáticos en el subgrupo Mujeres con uso del mBot.....	129
Gráfico 14.	Frecuencia en la Escala de Conceptos Matemáticos en el subgrupo Mujeres sin uso del mBot	129

Gráfico 15.	Frecuencia en la Escala de Utilidad Percibida en el subgrupo Hombres con uso del mBot.....	131
Gráfico 16.	Frecuencia en la Escala de Utilidad Percibida en el subgrupo Hombres sin uso del mBot.....	131
Gráfico 17.	Frecuencia en la Escala de Utilidad Percibida en el subgrupo Mujeres con uso del mBot	132
Gráfico 18.	Frecuencia en la Escala de Utilidad Percibida en el subgrupo Mujeres sin uso del mBot	132
Gráfico 19.	Frecuencia en la Escala de Diversión/disfrute durante las Actividades de Aprendizaje en el subgrupo Hombres con uso del mBot.....	134
Gráfico 20.	Frecuencia en la Escala de Diversión/disfrute durante las Actividades de Aprendizaje en el subgrupo Hombres sin uso del mBot.....	134
Gráfico 21.	Frecuencia en la Escala de Diversión/disfrute durante las Actividades de Aprendizaje en el subgrupo Mujeres con uso del mBot	135
Gráfico 22.	Frecuencia en la Escala de Diversión/disfrute durante las Actividades de Aprendizaje en el subgrupo Mujeres sin uso del mBot	135
Gráfico 23.	Puntuación de los varones en las preguntas del cuestionario de Conocimiento de los Sistemas de Coordenadas	137
Gráfico 24.	Puntuación de las mujeres en las preguntas del cuestionario de Conocimiento de los Sistemas de Coordenadas	137
Gráfico 25.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 007	140
Gráfico 26.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 008	140
Gráfico 27.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 009	140
Gráfico 28.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 010	140
Gráfico 29.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 011	141
Gráfico 30.	Prueba U de Mann-Whitney para la variable Global	141
Gráfico 31.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 012	142
Gráfico 32.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 013	142
Gráfico 33.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 014	142

Gráfico 34.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 015	142
Gráfico 35.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 016	143
Gráfico 36.	Prueba U de Mann-Whitney para la variable Global	143
Gráfico 37.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 017	144
Gráfico 38.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 018	144
Gráfico 39.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 019	144
Gráfico 40.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 020	144
Gráfico 41.	Prueba U de Mann-Whitney para la variable Global	145
Gráfico 42.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 021	146
Gráfico 43.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 022	146
Gráfico 44.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 023	146
Gráfico 45.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 024	146
Gráfico 46.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 025	147
Gráfico 47.	Prueba U de Mann-Whitney para la variable Global	147
Gráfico 48.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 026	148
Gráfico 49.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 027	148
Gráfico 50.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 028	148
Gráfico 51.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 029	148
Gráfico 52.	Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 030	149
Gráfico 53.	Prueba U de Mann-Whitney para la variable Global	149

ABREVIATURAS

AI	Artificial Intelligence – Inteligencia Artificial
CTIM	Ciencia, Tecnología, Ingeniería y matemáticas
EEMM	Estados Miembros
DIY	Do It Yourself
EIC	Consejo Europeo de Innovación
EIT	Instituto Europeo de Innovación y Tecnología
ERC	Consejo Europeo de Investigación
EUN	European Schoolnet
FOSS	Software libre
IoT	Internet of Things – Internet de las cosas
ITEC	Innovate Technologies for Engaging Classrooms
JRC	Centro Común de Investigación
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MSCA	Programa Marie Skłodowska-Curie
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OSHW	Hardware abierto
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
STEAM	Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics
TIC	Tecnología de la Información y la Comunicación

UE Unión Europea

INTRODUCCIÓN

La sociedad actual está viviendo unos cambios a todos los niveles muy importantes en los que la velocidad para todo adquiere unas proporciones impensables en otras épocas. Se está produciendo un consumo de información masiva y la relación de la población con las nuevas tecnologías está alcanzando unos valores sin precedentes.

Las grandes compañías tecnológicas están ganando cada vez más mercado abarcando prácticamente todo lo que rodea al ser humano, especialmente aquello relacionado con el ocio, la salud, la información y el conocimiento. La expansión de Internet a prácticamente todas las partes del mundo hace que estemos conectados de forma virtual, pudiendo acceder a una multitud de contenidos diseñados de una forma más personalizada e individualizada.

La Industria está destinando una gran cantidad de recursos al diseño de herramientas que contribuyen a facilitar las tareas diarias. Se tiende a automatizar todos los procesos y los dispositivos aportan feedbacks con gran cantidad de información cargada en la nube. Esto está revolucionando la forma de vida de la población; el big data llega incluso a analizar las tendencias de los subgrupos poblacionales para ofrecer a cada persona lo que precisa en cada situación. Además, y gracias a la AI, es posible generar conocimientos de forma globalizada a partir de millones de datos contrastados que aportan soluciones a los problemas.

La educación está empezando a verse inmersa en esta vorágine de cambios y están surgiendo una serie de iniciativas muy serias con cambios metodológicos importantes en los que los estudiantes están pasando a ser los verdaderos protagonistas del proceso de enseñanza y aprendizaje. Los docentes tienden a ser guías, dejando atrás las clases magistrales en las que cada uno debía adaptarse independientemente de sus habilidades. Por esto, la oferta de formación concreta para ellos sobre las nuevas tendencias y posibilidades en el aula es cada vez más amplia y con matices educativos más específicos. Actualmente se tiende a buscar un trabajo por proyectos con una adaptación de los contenidos acorde a las capacidades e intereses propios.

Las administraciones están apostando por dotar a los centros educativos con los materiales necesarios para llevar a cabo una docencia de calidad acorde a las necesidades propias de la época, preparando a los estudiantes para las necesidades futuras que el mercado laboral asocia a áreas relacionadas especialmente con las nuevas tecnologías, abarcando un amplio número de materias y fomentando además la participación indistinta de hombres y mujeres con potentes campañas de concienciación. Cada vez más centros educativos están realizando las adaptaciones necesarias para

poder trabajar con los nuevos estilos y aparatos, creando espacios modernos en los que los pequeños grupos de jóvenes puedan desarrollar sus competencias.

En este contexto nace la presente tesis doctoral, con la que se pretende analizar los efectos de utilizar los robots educativos en el trabajo de las coordenadas cartesianas en las clases de matemáticas. Se trata de un estudio cuasi experimental en el que la muestra, seleccionada de forma interesada, se divide en dos grandes grupos. En el primer grupo, el profesorado lleva a cabo una unidad didáctica utilizando la metodología tradicional basada en las explicaciones magistrales usando el libro de texto como referencia. Todo el alumnado trabajó bajo las mismas normas y condiciones y cada individuo tiene los mismos objetivos. Es una forma de trabajo basada en contenidos memorísticos en los que habitualmente no se valora la creatividad. En el segundo grupo, las sesiones se complementan con el uso de robots educativos mediante formas jugadas en las que los sujetos deben resolver diferentes retos diarios dentro de unas Olimpiadas Matemáticas. Tanto de forma individual como en grupos tienen que seguir las distintas indicaciones que recoge un cuadernillo de trabajo que se reparte para la resolución de los problemas.

Los instrumentos seleccionados para realizar la investigación se agrupan en unas escalas de percepción de Aprendizaje Activo, sobre Conceptos Computacionales y Ludificación, sobre Conceptos Matemáticos, sobre Utilidad Percibida y sobre la Diversión y Disfrute durante las actividades de Aprendizaje y en una prueba sobre los conocimientos matemáticos en los que los estudiantes tenían que resolver unos problemas relacionados con los ejes de coordenadas.

Un hándicap importante al completar el análisis se basa en el reducido número existente de trabajos rigurosos debido a la reciente implantación de este tipo de herramientas en el entorno educativo. Están naciendo iniciativas que van sumando nuevas perspectivas de observación y que deben ser tenidas en cuenta, pero con la prudencia suficiente puesto que en ocasiones se encuentran textos que carecen de suficiente base científica.

La utilización de robots educativos está siendo cada vez más generalizada en la docencia de algunas materias, lo que presenta un ámbito de estudio muy interesante para poder acotar y guiar las formas de conducir las clases de los docentes. La especificidad de recursos que utilizan los profesores en general y los que imparten matemáticas en particular es cada vez más concreta, apareciendo con frecuencia más plataformas que contribuyen a que los jóvenes puedan desarrollar sus labores con el apoyo digital, lo que les facilita enormemente el sistema para resolver los problemas. Además se observa un cambio metodológico que dota de mayor autonomía y más posibilidades de trabajo que promueve el desarrollo de las capacidades individuales.

El documento que se presenta consta de ocho capítulos divididos en dos partes bien diferenciadas. En la primera parte se recoge el contexto teórico en el que se analizan pormenorizadamente aquellos puntos de vista evolutivos del trabajo con dispositivos digitales dentro de los centros escolares. Se realiza un repaso histórico desde los comienzos robóticos, en los que la humanidad inventaba aparatos con respuestas muy sencillas y cíclicas, hasta los últimos tiempos en los que los jóvenes tienen acceso a complejos sistemas factibles de ser programados para realizar tareas bien definidas.

Se describen aquellas medidas relacionadas con los proyectos STEAM y las distintas estrategias que los Estados Miembros de la Unión Europea están desarrollando para favorecer que los estudiantes orienten su futuro académico por ciertas disciplinas que se prevee que tendrán alta demanda. También se complementa con algunas iniciativas más novedosas que se están realizando ya en algunos centros educativos como son las Aulas del Futuro.

Otro elemento analizado es la metodología que requiere la utilización de este tipo de tecnología, ya que exige un cambio sustancial de los planteamientos más tradicionales en los que el alumnado se limitaba a ser un receptor de una información normalizada. Se presentan varias opciones que tienen un peso notable entre el profesorado y ofrecen unos resultados muy aceptables. Todo esto teniendo en cuenta las posibilidades que parece que ofrece la robótica en el ámbito educativo y que muchos estudiosos destacan como el camino a tener en cuenta para el diseño docente.


A continuación se describen los robots de suelo con un uso más extendido dentro del aula por su enorme versatilidad y posibilidades en las distintas materias. Se muestran las principales características de cada uno de ellos, distinguiendo principalmente las posibilidades didácticas que ofrecen. También se analizan las principales plataformas que permiten tanto la programación como el acceso a recursos para complementar el uso de los aparatos electrónicos y los algoritmos y programas informáticos que se pueden desarrollar con ellas. Se ofrecen otras opciones, como son el pensamiento computacional desenchufado para aquellos lugares que tengan mayores dificultades de acceso a los recursos.

De forma concreta se muestran las publicaciones relacionadas con el trabajo de las coordenadas cartesianas en matemáticas a través de la robótica, destacando en qué medida se pueden llegar a desarrollar las habilidades individuales con esta forma de trabajar y cuáles son algunas de las estrategias que deben ser tenidas en cuenta para una correcta implantación en el aula. Aquí se destacan las principales diferencias entre las enseñanzas basadas en sistemas tradicionales y aquellas que se complementan con herramientas digitales.

La otra parte tiene un carácter empírico en la que se aborda la investigación de una forma concreta en la que se incluyen los principales puntos metodológicos como son los objetivos, la hipótesis, el tipo de estudio, la muestra los instrumentos y el procedimiento y análisis estadísticos realizados. Todo esto se presenta resumido en una tabla con la temporalización de las acciones completadas.

Más tarde se ofrecen los resultados realizando un análisis descriptivo completo de las distintas variables estudiadas clasificadas en escalas y en el conocimiento de los sistemas de coordenadas. Eso se completa con la inferencia estadística, con la intención de encontrar los efectos del trabajo con robots educativos en la enseñanza de las coordenadas cartesianas sobre el rendimiento educativo.

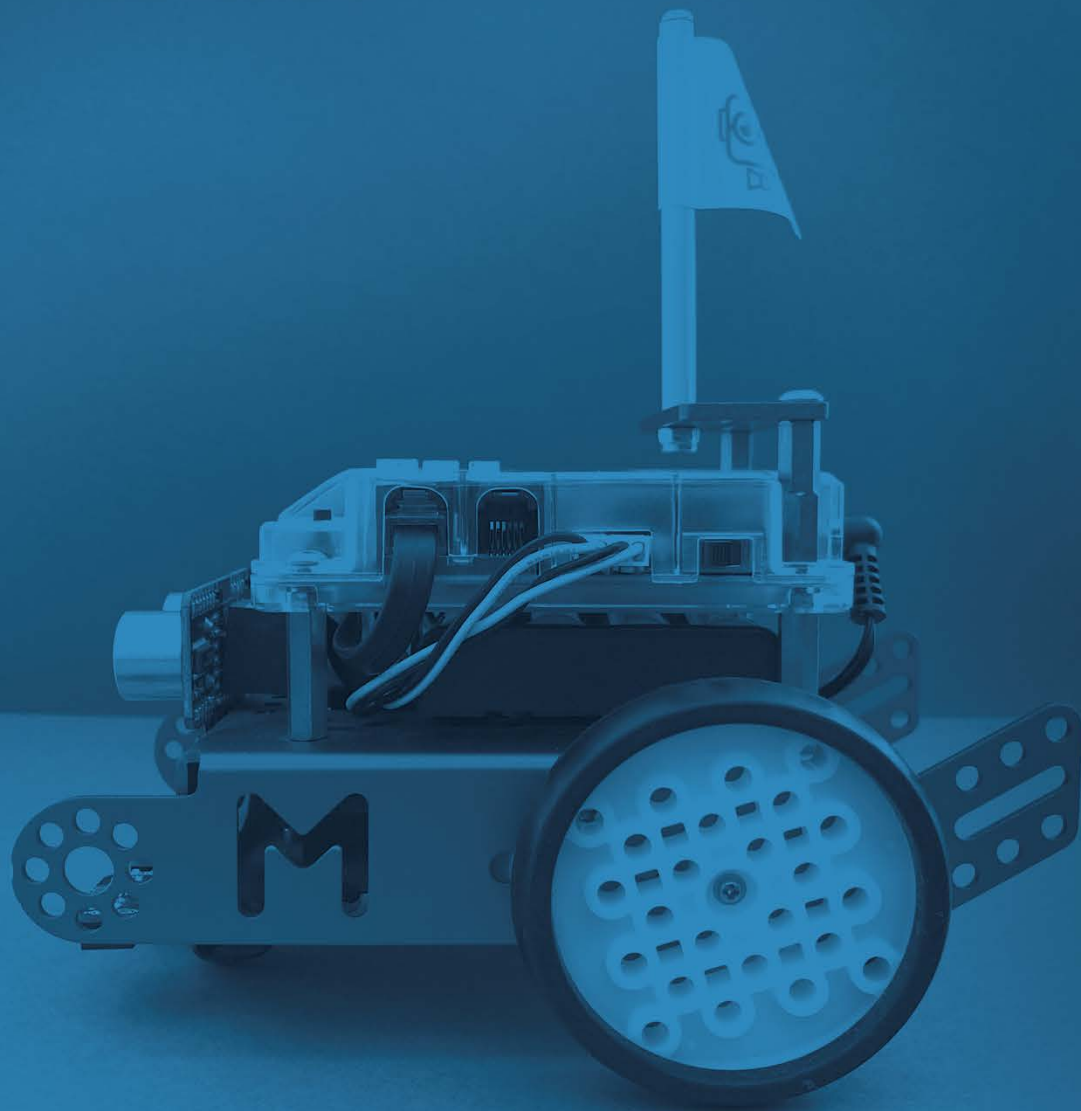
Por último, se acometen dos apartados muy relacionados que son la discusión y las conclusiones de la investigación y las perspectivas de futuro. En ellas se comentan los hallazgos conseguidos en general durante la realización, así como aquellas claves que pueden resultar importantes para posteriores trabajos o para evolucionar en el conocimiento del alumnado.



PRIMERA PARTE

CONTEXTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

1



**LA ROBÓTICA EDUCATIVA
COMO HERRAMIENTA
TECNOLÓGICA PARA EL
APRENDIZAJE**

1.1. Concepto de robótica educativa: aproximación y definición

La sociedad está viviendo unas fuertes transformaciones en el ámbito educativo fruto de una evolución constante y de una aparición cada vez más extendida de aparatos electrónicos que invaden nuestro entorno más próximo. En gran parte de los hogares se dispone ya de uno o varios instrumentos que permiten estar conectados con el mundo, e Internet es un elemento con el que se convive a diario. Son cada vez más los dispositivos que registran costumbres enviando estos datos a servidores muy grandes que permiten, por medio de análisis de big data, conocer e interpretar los gustos y aficiones.

El ámbito educativo está viviendo igualmente cambios que exigen cada vez más conocimientos por parte de los docentes, y materiales didácticos preparados y diseñados para las nuevas metodologías que empiezan a surgir fruto de la evolución tecnológica.

La RAE define la robótica como la rama de la ingeniería mecánica, de la ingeniería electrónica y de las ciencias de la computación que se ocupa del diseño, construcción, operación, estructura, manufactura y aplicación de los robots. En su sentido más estricto, se puede destacar que se trata de una especialidad que engloba varias materias y que son todas ellas necesarias para poder desarrollar los dispositivos.

Para hablar del término robótica, es necesario comenzar estudiando el término robot. Surge a partir de la obra *Rossum's Universal Robot*, escrita en 1920 por Karel Capek. En ella aparece *robota*, palabra checa que sirve para definir el trabajo forzado y el tiempo que los siervos dedicaban a su señor. Cuando se tradujo al inglés, se trató ya el término robot (Goover *et al.*, 2013). Más tarde el concepto se acuñó para el diseño y aplicación de robots, máquinas automatizadas que realizan actividades diversas, algunas de ellas llevadas a cabo habitualmente por el ser humano (Ghitis *et al.*, 2014).

La robótica exige innegablemente conocimientos sobre materiales, electricidad, electrónica, etc., así como sobre conceptos informáticos, materias incluidas en el currículo escolar.

Fruto de esta relación aparece la robótica educativa, que es una nueva disciplina creada para que los niños y niñas se inicien en la robótica y programación de forma interactiva desde edades cada vez más tempranas. Por medio de sencillas tareas el alumnado puede conseguir que los autómatas realicen acciones previamente programadas. Es un nuevo enfoque pedagógico en el que se utilizan robots y sistemas robóticos como herramientas para promover la adquisición de nuevos conocimientos. Todo ello desde un punto de vista puramente práctico en el que la resolución de problemas y la creatividad ocupan un lugar destacado.

El entorno lúdico es otro elemento diferenciador de esta metodología, puesto que el estudiante debe construir y programar aparatos cada vez más amigables con los que conseguir adquirir conocimientos teóricos por medio de juegos y actividades prácticas mucho más apetecibles.

Además, los robots ayudan a los estudiantes más jóvenes al desarrollo del pensamiento computacional, una de las habilidades cognitivas básicas del pensamiento lógico matemático (Reyes Vélez, 2017). Son múltiples los motivos, por tanto, por los que la robótica educativa se está extendiendo a gran velocidad entre todos los niveles educativos, desde los iniciales hasta la propia enseñanza universitaria.

1.2. Orígenes y situación actual de la robótica educativa

La robótica educativa surge como evolución de varias disciplinas como las matemáticas, la tecnología y la ingeniería que a lo largo de la historia han ido cambiando y desarrollándose hasta lo que son en la actualidad. Los esfuerzos se han puesto en el desarrollo de la robótica en el ámbito industrial, buscando siempre mayores producciones o aumento de la seguridad en el trabajo. En esa línea, cada avance constituyó un escalón en la mejora de las herramientas y los dispositivos.

El entorno educativo no ha estado impermeable a estas evoluciones y se ha nutrido en sus inicios de algunos de los avances industriales para acercarlos a los estudiantes, dejando paso al desarrollo de materiales específicos diseñados para los jóvenes, con unas características adecuadas para trabajar en el aula. Ya existen plataformas y kits adaptados a distintas etapas educativas con prácticas y posibilidades concretas.

1.2.1. Comienzos y evolución

El concepto de robótica se asocia habitualmente a las máquinas con apariencia humana desarrolladas con tecnología novedosa e AI, pero realmente es preciso remontarse al pasado para conocer los artilugios que han sentado las bases de lo que entendemos en la actualidad. Desde la antigüedad se han ideado artefactos que asemejaban o se movían como los seres humanos y como los animales.

A continuación se presentan diversos hitos que han marcado la evolución de la robótica educativa, desde los primeros aparatos sencillos hasta los actuales prototipos que se abren camino en la sociedad del conocimiento. La aparición de estas máquinas no tiene

una base pedagógica ni didáctica, pero sí se puede considerar que constituyeron las bases dentro de la automatización y la mecánica (Mayor, 2019).

Se tiene constancia de la existencia en China de una urraca voladora de madera y bambú y un caballo de madera capaz de dar saltos datados en el año 500 a.C. fabricados por King-su Tse. Se trata de unas piezas que simulaban animales del entorno real con unos movimientos muy rudimentarios (Cervera, 2011).

Más tarde, en Grecia, aparecieron varias manifestaciones con un mayor grado de sofisticación. Arquitas de Tarento, sobre el 350 a.C., consiguió reproducir una paloma mecánica propulsada por vapor que nombró "La paloma de Arquitas". Está considerado uno de los primeros ingenios automatizados, puesto que podía moverse por sí mismo. Años más tarde, hacia el 200 a.C. Filón de Bizancio inventa un autómatas que se podía desplazar en el agua y también diseña la catapulta receptiva. Arquímedes también consiguió grandes avances en materia de ingeniería mecánica.

Un importante ingeniero, Herón de Alejandría, describió en su tratado de neumática la construcción de diversos autómatas. Se le atribuye la construcción de un teatro con figuras que se movían con medios mecánicos. LaGrandeur (2013) destaca que la construcción de este tipo de elementos respondía a la superioridad del hombre sobre la naturaleza, además de ser piezas de entretenimiento para la gente más pudiente.

Posteriormente fueron creados los relojes, que son considerados unas máquinas antiguas bastante perfectas y muy cercanas al concepto de la robótica. En la Edad Media aparecieron autómatas mecánicos complejos que incorporaban elementos que realizaban tareas sencillas como mover figuras o tocar campanas de forma automatizada. Este tipo de desarrollo sentó las bases para la automatización mecánica actual. (Sánchez Martín *et al.*, 2007).

La primera automatización humanoide se le atribuye en el año 1495 a Leonardo da Vinci. Se trata de un caballero mecánico que disponía de una armadura mecánica capaz de moverse en guarda y de mover además la cabeza, la mandíbula y los brazos.

A partir del siglo XVIII con la Revolución Industrial se producen una gran cantidad de avances en el campo de la mecanización. Se inventan máquinas orientadas a la producción industrial con las que se consigue fabricar muchos productos con una eficiencia económica notable. Los telares constituyen un foco en la época, así en 1801 aparece el "Telar mecánico de Jacquard" que por medio de tarjetas perforadas gestionaba la producción del tejido. Estos sistemas del momento introducían elementos de programación y control automático.

A principios del s.XX continúan los avances en materia de robótica, pero especialmente de carácter industrial. Aunque en el 1937 aparece Elektro, un autómatas creado por

Westinghouse Electric Corporation que podía moverse y hablar, no es hasta 1950 cuando se desarrollan los verdaderos robots programables. George Devol, en 1954, creó Unimate, especializado en realizar acciones repetitivas y peligrosas para la industria automotriz. A partir de ese momento hasta el presente, no ha parado de evolucionar este tipo de autómatas para cubrir todo tipo de necesidades, desde los trabajos más grandes a otros más pequeños y precisos.

En 1942 el escritor Isaac Asimov publicó las tres leyes de la robótica:

- **Primera ley:** Un robot no hará daño a un ser humano, ni por inacción permitirá que un ser humano sufra daño.
- **Segunda ley:** Un robot debe cumplir las órdenes dadas por los seres humanos, a excepción de aquellas que entren en conflicto con la primera ley.
- **Tercera ley:** Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la primera o la segunda ley.

De estas leyes se puede desprender la preocupación que existía desde ese momento con la aparición de esos extraños aparatos.

En 1960 se produce un hecho importante que hace que nazca la robótica educativa. El matemático y educador sudafricano Seymour Papert desarrolló el sencillo lenguaje de programación Logo. Estaba diseñado específicamente para que los estudiantes aprendieran conceptos de programación por medio de una tortuga virtual. Debían experimentar con algoritmos y procesos lógicos para dibujar formas geométricas de forma divertida. Con la aparición de Logo empiezan los cambios metodológicos en los procesos de enseñanza y aprendizaje, puesto que se partía de la experimentación y resolución de problemas como pilares de este nuevo sistema. Los jóvenes ya no eran únicamente receptores de información, pasaban a ser parte activa del sistema.

Como evolución a este programa educativo y tras el avance tecnológico, se desarrollaron robots que los estudiantes podían controlar, lo que desembocó en el nacimiento de la robótica educativa actual. Esto permitía a los alumnos y alumnas programar de forma práctica y visual.

A continuación, en la siguiente década, prosperaron los estudios sobre robótica en universidades y centros de investigación que permitieron desarrollar nuevos prototipos con una orientación educativa más adecuada a las necesidades existentes. Un ejemplo nace con la aparición del sistema Mindstorm de LEGO® en 1998, una gran revolución de la época con la que se hacía accesible a un público más amplio. Estos kits tenían variedad de sensores y motores que permitían hacer creaciones diversas.

Cabe destacar que hasta principios del s.XXI la utilización de este tipo de dispositivos en el entorno escolar estaba limitado a pocos docentes convencidos que el uso de Logo tenía

una clara utilidad en el aula. La mayoría consideraban que se trataba de un lenguaje de programación tedioso puesto que no disponía de una estructura y sintaxis clara e intuitiva (Achon & Delgado, 2014). Además confluye otro elemento, que es la aparición de entornos de trabajo mediante ventanas que desplazó a los sistemas de codificación más rudimentarios (Cemeli & Armejach, 1991).

En el 2006 se publicó un ensayo en la revista *Communications of the ACM* en el que todo el mundo debía desarrollar el pensamiento computacional, de la misma forma que lo hace con la escritura, lectura y aritmética (Wing, 2006). Esto hace reflexionar al mundo educativo, sirviendo como un elemento importante en la época para empezar a cambiar la orientación del concepto robótico que había hasta la fecha.

El grupo de investigación del MIT, liderado por Mitchel Resnick, publica el sitio web de Scratch, un programa educativo realmente revolucionario que contribuye a cambiar la metodología de trabajo de muchos docentes que hasta la época eran reacios al uso de los robots y la programación escolar (Resnick *et al.*, 2009). Esta web permitía realizar de forma totalmente gratuita trabajo por parte de los alumnos de forma tanto individual como colaborativa, claro está, dentro del entorno propio de Scratch.

Más adelante aparecieron otras plataformas diseñadas específicamente para entornos escolares que, junto con el desarrollo de nuevos kits de robótica educativa, consiguieron que en los últimos tiempos el alumnado trabaje habitualmente desde las primeras etapas educativas con materiales y lenguajes de programación.

En la actualidad la robótica educativa está integrada en los planes de estudio de muchas escuelas de todo el mundo y muchos docentes utilizan los robots y kits específicos para el trabajo de las ciencias, matemáticas y resolución de problemas, mediante el uso de lenguajes de programación. Se ha demostrado que es una herramienta adecuada para fomentar el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad (Casado, 2022).

El Ministerio de Educación y Formación Profesional está dotando de importantes recursos económicos para la mejora del sistema educativo español y una gran parte de las partidas presupuestarias están destinadas a la adquisición y formación del profesorado en nuevas tecnologías, específicamente para equipamiento de programación y robótica.

Es por tanto que la integración en los currículos escolares incentiva el conocimiento tecnológico y permite mejorar la calidad de la educación (Fernández *et al.*, 2021). Ángel Díaz *et al.* (2020) defienden que la docencia en materias con este tipo de metodología permite desarrollar habilidades relacionadas con el pensamiento computacional, tales como la descomposición del problema, el reconocimiento de patrones, la abstracción y el pensamiento algorítmico.

Esto fundamenta que la robótica es una herramienta adecuada para el desarrollo de nuevas formas de pensamiento, con capacidad para realizar análisis más profundos de situaciones reales y una herramienta válida para generar aprendizajes concretos. Esto lleva a nuevas formas de relación en las que el alumnado debe trabajar en equipo, de forma colaborativa y buscando objetivos comunes.

1.2.2. Programas STEAM

La sociedad actual está cada vez más preparada y exige unos conocimientos más profundos en todas las áreas por lo que los estudiantes deben tener una formación más específica para estar dispuestos para el mercado laboral. En las últimas décadas, la educación también está viviendo una gran revolución impulsada fundamentalmente por la confluencia de la ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas (STEAM), en la que se está cambiando la forma en la que los estudiantes y profesores llevan a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje (Baker & Galanti, 2017; Kim *et al.*, 2015). A medida que la tecnología avanzaba y la sociedad era más dependiente de la innovación, se reconoció la necesidad de prepararlos en estos ámbitos del conocimiento (Bender *et al.*, 2015; Hamner & Cross, 2013).

Estos programas surgen con movimientos educativos que buscaban un cambio y la superación de las barreras metodológicas más tradicionales dentro de esas especialidades académicas. En los años 90 se reconoció la importancia de estas disciplinas en la economía y la humanidad, y se optó por aumentar la inversión económica dentro del entorno educativo. El arte fue ganando importancia, ya que promueve la creatividad, expresión personal y apreciación estética del alumnado (Juliá & Antolí, 2016). De forma interdisciplinar, se lograron integrar en STEAM varias disciplinas que enriquecen la comprensión y mejoran el conocimiento. Además, se comprobó que trabajando de forma integrada estas disciplinas se conseguía un entendimiento más profundo y aumentaba la motivación del alumnado (Luo *et al.*, 2019).

La popularidad fue ganando adeptos a medida que los profesores fueron reconociendo el potencial de este enfoque para el fomento de la creatividad, resolución de problemas y pensamiento crítico, apoyados por los defensores de la educación innovadora. La base es que los jóvenes no solo adquieren información, sino que aplican los conocimientos a situaciones reales, llevado a cabo proyectos concretos. De esta manera se enfrentan a desafíos debiendo usar sus habilidades para encontrar las mejores soluciones de una forma activa y práctica.

En la actualidad, las instituciones están haciendo un esfuerzo muy importante en la promoción del STEAM, dotando a los centros con gran cantidad de materiales que permiten su desarrollo integral (Mead *et al.*, 2012). También están intentando que las

mujeres no se mantengan al margen y participen activamente en estas disciplinas, generando algunos talleres específicos rompiendo las barreras entre ambos géneros. Se trabaja con este sistema a lo largo de todo el proceso educativo, buscando una progresión en la dificultad que permite una correcta asimilación de las tareas (Pozdniakov & Freiman, 2021). A continuación se señalan algunas características de las etapas:

-Educación preescolar y primaria: Se enfoca al fomento de la curiosidad a través de experiencias prácticas y con carácter lúdico. Se centran en la exploración y el juego creativo, participando en actividades como la construcción de estructuras con bloques, la resolución de problemas matemáticos y la realización de experimentos simples.

-Educación secundaria: La base fundamental es la preparación para la educación superior, generando una comprensión más profunda de las disciplinas involucradas. En esta etapa se participa en proyectos de investigación científica, el diseño y construcción de prototipos, la producción artística y la resolución de problemas matemáticos avanzados.

-Educación superior: Se realiza un aprendizaje experiencial con la posibilidad de trabajar en proyectos de forma multidisciplinar con el objeto de dar respuesta a problemas reales y contribuir así al avance en los distintos campos de estudio.

Con la evolución de la educación esto se convierte en una corriente que cada vez tiene un papel más destacado en la promoción del aprendizaje activo y en la preparación de los estudiantes con las habilidades esenciales para su vida laboral futura (Segredo *et al.*, 2017).

1.2.2.1. Fondos Europeos para el fomento de su uso

En un mundo cada vez más globalizado, el liderazgo de Europa en materia de ciencia y tecnología requiere de una apuesta por el fomento y desarrollo de nuevas estructuras, metodologías y relaciones en el ámbito educativo. Las distintas disciplinas que componen el STEAM desempeñan un papel fundamental en la preparación de las generaciones futuras para un mundo cada vez más competitivo a nivel laboral.

Para lograr este objetivo, la UE y sus EEMM han implementado una serie de programas de financiamiento imprescindibles para el desarrollo de este tipo de proyectos y garantizar así el éxito de su implementación en el ámbito educativo.

El Horizonte Europa 2021-2027

El Horizonte Europa es el programa simbólico de la Unión Europea en el marco de investigación e innovación para el periodo 2021-2027. Con un presupuesto que supera los 95.000 millones de euros, se trata del instrumento principal para desarrollar las políticas de la UE en materia de I+D+I. Representa así un compromiso real para la promoción de la investigación y la innovación en diversos sectores, aumentando la competitividad de los EEMM por medio del desarrollo de la base científica y tecnológica.

El Programa (<https://www.horizonteeuropa.es>) está basado en [tres pilares principales](#) (ver figura 1):

[-El pilar 1, Ciencia Excelente](#), se centra en los ámbitos del conocimiento diseñados y dirigidos por investigadores por medio del ERC, dotando de financiación a los distintos proyectos. Además, a través del programa MSCA se apoyan movilidades internacionales e intersectoriales para la formación y desarrollo del personal investigador. Otro aspecto a reforzar es el acceso a las infraestructuras de investigación a nivel mundial.

En definitiva, se centra en impulsar la excelencia científica y tecnológica de toda la UE.

[-El pilar 2, Desafíos Globales y Competitividad Industrial Europea](#), tiene una actuación englobada en los retos sociales, basando sus esfuerzos en los grandes desafíos globales (cambio climático, energías renovables, salud, seguridad digital, movilidad, estudio de materiales, etc.), reforzando las capacidades tecnológicas industriales. Igualmente, tiene el objetivo de fomentar la creación de asociaciones europeas con los EEMM y la Industria para el desarrollo en I+D.

El JRC asistirá a la UE y gobiernos nacionales aportándoles evidencias y soporte técnico para la toma de decisiones. Se trata de un elemento cohexionador que facilita el

crecimiento del conocimiento constructivista, facilitando el trabajo en equipo y buscando la excelencia de forma global.

-El pilar 3, Europa Innovadora, a través del EIC, busca desarrollar la capacidad de Europa en creación de mercado y crecimiento de pymes, apoyando a innovadores, pymes, empresarios y científicos de trayectoria reconocida, con la intención de aumentar el crecimiento a escala internacional. Se trata de impulsar e integrar la investigación, la investigación superior y el emprendimiento a través de las Comunidades de conocimiento e innovación, coordinadas por el EIT. Este bloque incluye además iniciativas específicas para la promoción de la transformación digital y sostenibilidad.

Uno de los enfoques destacados del Horizonte Europa es la potenciación del STEAM como forma de trabajo de forma interdisciplinar y creativa en la resolución de problemas y desafíos globales y, por tanto consiguiendo un desarrollo económico importante. Se calcula que por cada euro invertido, la EU generará 11 euros de ganancia, aspecto que justifica los enormes esfuerzos empleados.

Figura 1: Pilares del Horizonte Europa 2021-27.



La integración de STEAM en el programa Horizonte Europa es muy positiva ya que se fomenta la innovación creativa para la resolución de forma imaginativa y efectiva de los problemas de la sociedad. Cabe desatacar que su paradigma es abordar desde varias ramas del conocimiento las posibles soluciones a las situaciones diversas. Así mismo, al contar en el equipo interdisciplinar con el arte y el diseño se consiguen diversidad de perspectivas que pueden llevar a lograr resultados con mayor relevancia social.

Plan de Acción de la Educación Digital 2021-2027

El Plan de Acción de la Educación Digital es una iniciativa política de la UE basada en el apoyo para adaptar los sistemas educativos y la formación de los EEMM a la era digital, abordando las oportunidades y desafíos que tiene en el ámbito de la educación.

Este plan es adoptado el 30 de septiembre de 2020 y se basa en la cooperación en materia de educación digital en toda Europa. Constituye un factor clave para conseguir un Espacio Europeo de Educación para 2025. Representa un compromiso real para el fomento de la transformación digital de la Educación aprovechando todo el potencial que ofrece la tecnología en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Para el desarrollo del plan hay establecidas dos prioridades estratégicas y un total de 14 medidas para llevarlas a cabo (www.education.ec.europa.eu):

-Prioridad 1: fomento del desarrollo de un ecosistema educativo digital de alto rendimiento. Se conforman las bases para que todos los cambios y modificaciones sean efectivos e inclusivos y se consiga así un beneficio común para todos los agentes implicados. Para la consecución de esta prioridad, aparecen las siguientes medidas:

- **Diálogo estructurado con los EEMM sobre educación y capacidades digitales.** Se trata de buscar aquellos ámbitos en los que la UE podría aportar un valor añadido y de colaborar con las partes interesadas.
- **Planteamientos basados en el aprendizaje mixto** para lograr una educación primaria y secundaria inclusiva de alta calidad.
- **Marco Europeo de Contenidos de Educación Digital.**
- **Conectividad y equipos digitales para la educación y la formación.** Una de las principales actuaciones en esta línea es apoyar la conectividad 5G, entre otros, a los centros educativos.
- **Planes de transformación digital para instituciones de educación y formación.**
- **Directrices éticas sobre el uso de la inteligencia artificial y los datos en la enseñanza y aprendizaje para los educadores.** En los nuevos tiempos constituye una prioridad aprender a utilizar la AI, siendo responsables y aplicando estos conocimientos de forma ética y reflexiva.

-Prioridad 2: mejorar las competencias y capacidades digitales para la transformación digital. Es fundamental garantizar que todas las personas tengan la posibilidad de adquirir y mejorar sus competencias digitales. Para ello, se recogen las siguientes medidas:

- **Directrices comunes para el personal docente respecto al uso de la educación y formación para el fomento de la alfabetización digital.**
- **Actualizar el Marco Europeo de Competencias Digitales,** incluyendo la AI y el estudio de los datos.

- Creación de un Certificado Europeo de Capacidades Digitales.
- Propuesta de mejora de las capacidades digitales en la educación y formación.
- Recopilación transnacional de datos a nivel de la UE sobre las capacidades digitales de los estudiantes.
- Realización de prácticas de oportunidad digital.
- Participación de las mujeres en las materias CTIM.
- Centro Europeo de Educación Digital.

Cabe destacar que todas estas medidas están acompañadas de importantes recursos económicos y se fundamentan en romper la brecha digital entre los distintos EEMM y sus ciudadanos, utilizando el ámbito educativo como herramienta adecuada para conseguirlo.

1.2.2.2. Objetivos del ámbito STEAM

Al tratarse de un ambicioso proyecto, los objetivos del ámbito STEAM son muy variados, buscan formar a individuos versátiles, creativos y sobre todo prepararlos para los desafíos que las sociedades cada vez más cambiantes exigen. No se trata de una tendencia pasajera, es un cambio metodológico real que está trayendo ya efectos notables en la formación de los jóvenes (Kim *et al.*, 2015; Luo *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2021).

A continuación se recogen los principales objetivos que los proyectos de diferentes lugares muestran de forma común y asumiendo que constituyen el paradigma del trabajo en el aula:

- **Facilitar una formación integral de los estudiantes y poder abordar con éxito los desafíos del siglo XXI.** De forma interdisciplinar, rompiendo de esta forma modelos encorsetados en los que las distintas disciplinas mostraban comportamientos impermeables, se busca una conexión con perspectivas variadas para afrontar el mismo proyecto. Ya no se pueden dejar atrás análisis profundos por falta de coordinación entre los departamentos o áreas de conocimiento.
- **Preparar a los estudiantes para el futuro.** Una de las principales metas que tiene el proyecto es que los jóvenes orienten su formación hacia aquellas áreas con más demanda adquiriendo habilidades diversas. Hay que tener en cuenta que el mundo laboral actual exige mayores niveles de creatividad, capacidad de adaptación y conocimientos técnicos.
- **Mejorar la competencia digital docente.** Al vivir en una era digital con cada vez más exigencias, es fundamental conocer y utilizar herramientas tecnológicas. Es preciso que los jóvenes estén familiarizados con el lenguaje de programación, el

diseño y utilicen el universo digital para acceder a la información de los distintos ámbitos.

- **Fomentar los procesos de investigación y experimentación en el alumnado.** Utilizando la creatividad e innovación se fomenta la búsqueda de soluciones a los problemas de la vida real, a las situaciones que implican nuevos desafíos y que exigen pensamientos divergentes, básicos para superar problemas complejos.
- **Aprender a resolver situaciones de la vida real analizándolas desde diversas áreas.** A través de proyectos prácticos y situaciones reales se debe fomentar que el alumnado tenga interés en aprender y formarse, aumentando su motivación y estableciendo niveles de resiliencia suficientes para encontrar soluciones.
- **Fomentar el trabajo cooperativo y colaborativo a través de metodologías activas.** Este nuevo método exige el trabajo en equipo, de tal forma que la comunicación, la colaboración y sobre todo la negociación en los resultados constituyan el paradigma de trabajo.
- **Desarrollar vocaciones científico-tecnológicas en el alumnado, especialmente en las niñas.** Además del reconocimiento y valoración de la diversidad con la integración de las artes en el STEAM, el desarrollo de vocaciones científico-tecnológicas constituye un pilar central, puesto que las estimaciones futuras apuntan hacia esa dirección y por tanto toda inversión en la formación de los ciudadanos reportará un posicionamiento de los EEMM a nivel económico. Igualmente, es necesario hacer esfuerzos concretos con las niñas, ya que el porcentaje que optan por formación técnica es inferior a la de los niños y por tanto es necesario subir esos valores.

1.2.3. Horizonte metodológico: Aulas del Futuro

Fruto de diversos movimientos educativos surgidos en los últimos tiempos en los que la tecnología entendida de forma activa y personalizada ocupa un lugar destacado, surgen las Aulas del Futuro. A lo largo del tiempo se está observando una integración de la tecnología en la educación y cada vez es más fácil ver aulas tecnológicamente equipadas para que los alumnos y alumnas desarrollen sus proyectos.

Todo esto nace en la década de los 80 cuando se empiezan a ver los primeros ordenadores en las aulas. Al principio se trataban de equipos de gran tamaño, elevado precio y muy bajas prestaciones. El trabajo del alumnado se limitaba hasta ese momento a procesar textos y a hacer sencillos ejercicios de programación (Yang *et al.*, 2022).

Con la evolución de los equipos informáticos y sobre todo con más centros educativos con conexión a Internet, apareció la verdadera revolución entre los estudiantes. A principios del milenio se multiplicó el número de ordenadores disponibles y cada vez era más habitual ver profesores formándose en el manejo de las nuevas tecnologías. Paralelamente se extendió el uso de telefonía móvil y nuevos dispositivos conectados a la red. Esto fomentó la aparición de aulas virtuales, gran número de páginas web con recursos y aplicaciones específicas (Zheng *et al.*, 2016).

Además, surgió un cambio metodológico notable en el que los alumnos y alumnas pasaron a ser el centro del proceso de enseñanza y aprendizaje. Cada uno de ellos comenzaba a crear su propio conocimiento (Abrahamson & Sánchez García, 2016).

En enero de 2012 el consorcio de Ministerios de Educación Europeos (European Schoolnet - <http://www.eun.org/>) creó el proyecto Future Classroom Lab con los siguientes objetivos:

- Reflexionar sobre el papel de las tecnologías en la reforma educativa, tanto nacional como europea.
- Desarrollar talleres, seminarios y cursos de formación en tecnologías emergentes.
- Favorecer que las actividades de enseñanza y aprendizaje nacidas en este contexto tengan una difusión adecuada.

La EUN, junto con un grupo nutrido de empresas tecnológicas, creó el Aula del Futuro, lugar ampliamente equipado que pretende una revolución en los procesos formativos de los jóvenes acercándolos a la tecnología y a la resolución de problemas reales.

Las Aulas del Futuro se caracterizan por disponer de varios espacios reorganizables en los que se cuenta con mobiliario escolar móvil y conectado, pizarras digitales, estudios de grabación, puestos con ordenadores, etc., cuyo objetivo es fomentar y estimular a los estudiantes, que son los verdaderos protagonistas del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Se dispone así de varias zonas de trabajo en las que pueden investigar, interactuar, intercambiar, desarrollar, crear y presentar. La organización de los espacios debe responder al desarrollo de las habilidades por encima de los contenidos. Se busca un cambio en la metodología pasando de una enseñanza que premia la instrucción a otra con un carácter más activo.

Figura 2: Zonas de aprendizaje propuestas del Aula del Futuro.



Este tipo de concepción exige un cambio en la forma en la que los estudiantes aprenden nuevos conocimientos, y todo pasa por dar un giro al sistema de enseñanza de los docentes. Cuentan con herramientas tecnológicas de última generación que permiten hacer un seguimiento instantáneo del progreso, además de contar con una retroalimentación instantánea que permite hacer los ajustes pertinentes en el momento concreto. El alumnado, a su vez, cuenta con dispositivos interconectados con acceso a recursos, libros y materiales de aprendizaje digitales. También se dispone de herramientas para disfrutar de experiencias educativas en 3D y aprendizaje virtual.

Otro elemento que caracteriza este tipo de aula es la adaptabilidad y flexibilidad de espacios, en los que los muebles cuentan con ruedas que permiten moverlos para tener la disposición más adecuada a cada situación concreta. Con eso se fomentan los debates y otras actividades interactivas entre los jóvenes. Con esta metodología los aprendizajes son más autónomos, individualizados y centrados en los estudiantes.

Se busca crear un entorno de aprendizaje estimulante que contribuye a preparar al alumnado para los desafíos de una sociedad cada vez más cambiante y exigente que requiere un nivel de preparación cada vez más elevado. El docente pasa de ser instructor a facilitador, mentor. Se rompe un sistema centrado en el contenido para pasar a otro basado en el descubrimiento, en potenciar al máximo las habilidades de cada individuo (Schina *et al.*, 2021).

Otros aspectos fundamentales de las Aulas del Futuro son la sostenibilidad y responsabilidad social, de tal forma que se educa con el objeto de ser ciudadanos globales, comprometidos en dar soluciones sostenibles a los problemas reales, valorando de esta forma la empatía y la ética.

Para llevar a cabo este ambicioso cambio, el proyecto iTEC desarrolló un kit de herramientas entre 2010 y 2014 para facilitar la transformación de los espacios tradicionales a esta nueva tendencia.

Consta de cinco módulos:

- **Módulo 1.** Identificar las partes interesadas y tendencias.
- **Módulo 2.** Diseñar el Aula del Futuro partiendo de un enfoque ambicioso pero realista.
- **Módulo 3.** Crear una situación de aprendizaje del Aula del Futuro.
- **Módulo 4.** Diseño de actividades pedagógicas avanzadas y en la gestión del cambio.
- **Módulo 5.** Evaluación del proceso.

Se trata de buscar un giro en el que se considere el aula como un lugar más donde se produce el aprendizaje con apoyo de las tecnologías digitales.

1.2.4.Tinkering. Objetivos del desarrollo sostenible

El tinkering es un método de aprendizaje basado en la práctica que fomenta la comprensión del funcionamiento de los objetos que nos rodean y cuyos ejes principales son la creatividad y la experimentación dentro de un entorno lúdico (Bers *et al.*, 2014).

Se basa en una teoría constructivista que postula que el verdadero aprendizaje implica algo más que absorber información o adoptar las creencias o valores de los demás; precisa expresar e intercambiar las propias ideas con el resto del mundo (Alimisis, 2013). Está basada en la práctica con niveles donde la manipulación adquiere un papel fundamental, donde el estudiante desmonta, repara y crea objetos comprendiendo así su funcionamiento. El tinkering se puede realizar en cualquier lugar, desde un taller o laboratorio hasta un espacio al aire libre.

Sus orígenes parten de una corriente obsoleta en la que los primeros tinkers eran personas que reparaban de forma no profesional objetos cotidianos. El concepto actual se acerca a la manipulación de objetos de forma creativa y experimental. A nivel educativo se acepta la capacidad para desarrollar habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la colaboración. En los últimos años ha ganado mucha atención por las enormes posibilidades de aprendizaje que tiene, fomentando algunas competencias clave como la creatividad al facilitar que las personas experimenten y exploren de forma autónoma, encontrando habitualmente soluciones a los problemas innovadoras; el pensamiento crítico, fomentando las ganas de buscar soluciones diversas; la resolución de problemas, alentando a las personas a abordar los diversos desafíos que se presentan; la innovación, contribuyendo a transformar el panorama actual (Segredo *et al.*, 2017).

Otro aspecto a destacar es la inclusividad, ya que tinkering puede adaptarse a diversos niveles y a todas las edades. Poder presentar al alumnado retos diversos, es posible ajustarlos a las necesidades personales, admitiendo practicantes con características muy variadas.

Existen cuatro pilares básicos para garantizar un marco de trabajo basado en esta metodología (Simarro & Couso, 2017):

- Gran variedad de materiales y fenómenos.
- Feedback inmediato.
- Interacción entre los participantes.
- Ambiente lúdico.

Estas características contribuyen a tener un gran campo de juego donde los participantes desarrollan sus creaciones en un ambiente que promueve el trabajo en equipo. Al encontrarse en ambiente de creación libre se consiguen gran cantidad de resultados.

En el ámbito educativo esta metodología se basa en aprendizajes experimentales con fundamentación práctica en la que el alumnado debe descubrir, probar y resolver sin tener respuestas preconcebidas, valorando las capacidades y habilidades tanto individuales como grupales.

En esa evolución de la concepción de tinkering existe una relación muy directa con otros programas, especialmente con el STEAM, con el que convive y busca objetivos comunes orientados a la preparación de los estudiantes a las exigencias tecnológicas de la sociedad moderna.

En un momento en el que el mundo se enfrenta a desafíos importantes relacionados con la pobreza, el cambio climático, la desigualdad y la degradación ambiental, es crucial explorar cómo el concepto tinkering puede contribuir de manera significativa a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 25 de septiembre de 2015 y dando continuidad a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).

Figura 3: Objetivos de desarrollo sostenible de la UNESCO.



En particular, los principales ODS relacionados con el tinkering se mencionan a continuación (Bers, 2018):

- **ODS 4: Educación de calidad.** Se trata de una herramienta muy adecuada para la promoción de la educación de calidad, contribuyendo a la reducción de la brecha educativa al fomentar un aprendizaje accesible.
- **ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.** Promoviendo la innovación y creatividad en múltiples ámbitos con la intención de dar respuesta de forma creativa a problemas concretos. Un planteamiento cada vez más generalizado es dar soluciones sostenibles, utilizando recursos reducidos.
- **ODS 12: Producción y consumos responsables.** La reutilización y reciclaje forman parte de los pilares del tinkering, buscando un gasto ajustado en los recursos materiales y procurando darle una segunda vida a los distintos elementos.
- **ODS 13: Acción por el Clima.** Fomentando el uso de energías renovables y desarrollando dispositivos de monitoreo ambiental y de optimización de gasto energético.
- **ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos.** Al trabajar en entornos colaborativos, esta forma de trabajo fomenta la colaboración entre individuos, las soluciones consensuadas y las comunidades de trabajo.

Se trata de una herramienta adecuada para colaborar en la consecución de los objetivos planteados por la UNESCO para alcanzar un desarrollo sostenible. Cuando se trata unos planteamientos tan ambiciosos, cualquier aportación es clave para alcanzar el éxito. Este

sistema, mediante una manera de abordar con respuestas accesibles, dirige todos sus esfuerzos hacia ese fin.

1.3. Paradigmas metodológicos de la robótica educativa

Los paradigmas metodológicos de la robótica abarcan un planteamiento con un conocimiento profundo sobre la enseñanza y aprendizaje en entornos activos y dinámicos. El trabajo de la robótica educativa en el aula conlleva una integración de diversas disciplinas que sirven para analizar, diseñar y resolver los problemas de una forma interdisciplinar en la que el alumnado se sitúa en el centro del proceso (Yaniş & Yürük, 2020).

Para comprender adecuadamente los distintos paradigmas metodológicos es preciso entender el papel que ocupa en la actualidad la robótica en el ámbito educativo. Ofrece una plataforma muy adecuada para aprender conceptos de ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas abordadas desde posicionamientos propios del s.XXI de una forma creativa, colaborativa y mostrando siempre un pensamiento crítico (Revelo Sánchez *et al.*, 2018).

Cada vez hay más centros educativos que disponen de kits de construcción y acceso a plataformas de programación, lo que ha permitido una expansión en su utilización que va más allá de las aulas de informática, pasando a ser parte de los recursos usados para enseñar gran cantidad de contenidos (Zapata Ros, 2019).

1.3.1. El constructivismo como paradigma educativo

El constructivismo es una de las corrientes pedagógicas más extendidas dentro del ámbito educativo y que está tomando en los últimos tiempos una importancia destacada, puesto que se postula como uno de los paradigmas en las metodologías de aprendizaje más novedosas. Centra sus principios en que los estudiantes basan su aprendizaje en un proceso de construcción que se lleva a cabo con la interacción con el entorno, es decir, apoyando los nuevos conocimientos en otros ya adquiridos, de tal forma que el sujeto avanza apoyándose siempre en conocimientos previos.

Psicólogos como Piaget, Vygotsky y Bruner desarrollaron diversas concepciones de esta corriente desde principios del s.XX, destacando que el niño debe constituir el centro del proceso de enseñanza y aprendizaje y que de esta forma debe experimentar, descubrir y

solucionar los problemas con el fin de que se produzcan los mecanismos de asimilación y acomodación, básicos para que se lleve a cabo un proceso correcto (Philip & Gupta, 2020).

Además, el constructivismo destaca por tener un componente social importante, en tanto que el conocimiento se produce también por la interacción que se tiene con el entorno, de tal forma que se llevan a cabo adquisiciones más complejas por medio de la ayuda de personas más experimentadas en las distintas materias.

La robótica educativa es una herramienta que facilita el aprendizaje basado en el modelo constructivista, donde el alumnado puede adquirir nuevos conocimientos basándose en la interacción directa con los dispositivos y la resolución de problemas reales. Los centros educativos disponen cada vez de aparatos más sofisticados que simulan situaciones de la vida real, son sistemas que permiten al estudiante probar, intentar dar solución y adquirir, en definitiva, los conocimientos de una forma novedosa (Burlleson *et al.*, 2017; Davis *et al.*, 2002).

Además de la interacción con los dispositivos, la robótica educativa permite desarrollar relaciones entre los distintos jóvenes que juntan sus conocimientos para concretar una solución global en la que cada uno aporta algo para llegar a resolver el reto planteado. Está aceptado que la interacción social en el desarrollo cognitivo ocupa un lugar importante, por tanto el fomento de trabajar por proyectos en grupo está sobradamente recomendado.

El joven pasa a crear el conocimiento al diseñar, construir y programar robots, dejando aparcado el viejo modelo en el que únicamente era receptor de información y en la que la capacidad memorística tenía mucha predominancia. El constructivismo se basa en un aprendizaje activo centrado en el estudiante. Cada individuo pasa a abordar retos de aplicación real buscando soluciones innovadoras, desarrollando de esta forma el pensamiento crítico (Hollman *et al.*, 2019).

El aprendizaje no se circunscribe a conceptos relacionados únicamente con la programación; esta metodología abarca una aportación interdisciplinar, en la que se pueden y deben trabajar conceptos desde varias ramas, tales como la informática, la física, las matemáticas, la geometría, etc. Es por tanto fundamental el contexto social del aprendizaje, compartiendo saberes y resolviendo problemas juntos.

Además, se debe realizar un análisis de los resultados valorando adecuadamente qué funcionó y qué no, recibiendo un feedback y reforzando los procesos cognitivos llevados a cabo. Se trata de una reflexión metacognitiva que facilita los procesos de comprensión y asimilación y desarrollando por tanto un pensamiento crítico y habilidades en el proceso de aprendizaje.

Al focalizar al alumno como constructor de su propio conocimiento, el desarrollo de la evaluación de los aprendizajes basados en esta metodología es complejo, puesto que debe estar centrado tanto en el proceso como en el producto. No se trata entonces de evaluar el robot construido, sino el proceso de diseño, de programación y las reflexiones llevadas a cabo. Se puede completar una evaluación formativa, donde se produce una retroalimentación durante todo el proceso y en la que permite al sujeto reflexionar sobre las soluciones encontradas. En el ámbito de la robótica podría implicar hacer una revisión de los diseños, del código de programación y de cómo están orientadas las soluciones a los distintos retos presentados. En cuanto a la evaluación sumativa, se puede valorar la consecución de los objetivos, cuantificar el grado de cumplimiento del proyecto mediante, por ejemplo, la exposición del funcionamiento del prototipo (Jung & Won, 2018).

Esto debe tener un impacto importante en el aprendizaje del joven, convirtiéndose en personas más reflexivas y llevando a cabo situaciones autodirigidas. Igualmente, deben ser conscientes del grado de resolución de los problemas, así como destacar las áreas de mejora y asumir los fracasos como elementos propios del estudio (Kopcha *et al.*, 2021).

Pero el trabajo de la robótica educativa basado en el modelo constructivista tiene asociadas unas limitaciones que pueden entorpecer su aplicación real en el aula:

- **Recursos económicos.** La adquisición de recursos materiales, así como su actualización y mantenimiento.
- **Preparación del profesorado.** Es fundamental que el profesorado tenga formación específica en la metodología de enseñanza basada en el modelo.
- **Ratios de alumnado.** Este tipo de metodologías exigen ratios de alumnado reducidos, en los que el profesor pueda hacer un seguimiento personalizado y cada joven pueda llevar su propio ritmo de estudio.
- **Integración en el currículo.** El tiempo necesario para completar aprendizajes requiere frecuentemente que se readapte la temporalización del propio currículo, respetando espacios horarios suficientes para poder asumir la carga horaria propia de la materia.
- **Barreras socioeconómicas.** Se debe garantizar que todo el alumnado tenga el mismo acceso a la robótica educativa.

Se trata, por tanto, de un verdadero reto conseguir que todo el alumnado adquiera nuevos conocimientos modificando las actitudes más tradicionales, siendo el centro del proceso y resolviendo los problemas y asimilando los aprendizajes de una forma más eficiente.

1.3.2. La experimentación creativa y el construccionismo

La experimentación creativa y el construccionismo constituyen dos metodologías de trabajo ampliamente utilizadas en la robótica educativa que permiten alcanzar notables niveles de innovación, así como un adecuado desarrollo personal y colectivo.

El construccionismo está basado en la teoría del constructivismo y centra la construcción del conocimiento a través del diseño y la creación de prototipos y artefactos. Los sujetos aprenden cuando se ven inmersos en proyectos que le resultan especialmente significativos.

La clave está en la fabricación de elementos tangibles, puesto que los estudiantes asimilan los conocimientos de forma más efectiva, desarrollando habilidades prácticas y resolviendo problemas en contextos reales. De esta forma se pueden diseñar y construir prototipos complejos fruto de su conocimiento y del trabajo interdisciplinar, beneficiándose de la formación y habilidades de otros sujetos (Sullivan & Bers, 2017)

Igualmente, el construccionismo se sustenta en un entorno favorable con una dotación material adecuada para poder estimular y desarrollar convenientemente las distintas habilidades y que promuevan la investigación (Pinto *et al.*, 2018).

La experimentación creativa consiste en que los estudiantes deben explorar nuevos retos y situaciones en las que combinando conocimientos y explorando nuevas ideas logran encontrar soluciones creativas a situaciones complejas. Es la base de la innovación y se basa en que el joven tiene que tomar riesgos, debe probar y buscar nuevas soluciones mediante la práctica. Este sistema también dota de las herramientas adecuadas para la tolerancia al fracaso y el cambio de estrategias para superar los retos más complejos. Esto fomenta la exploración y el juego dentro de entornos controlados que ayudan a aprender de los resultados obtenidos (Sullivan & Bers, 2016).

Generalmente se suelen distinguir varias fases en el proceso que se repiten varias veces hasta que el producto mejora para conseguir los resultados adecuados:

- **Ideación.** Se trata del punto de partida, es el momento en el que se generan ideas, es un brainstorming en el que se producen gran cantidad de planteamientos que servirán para encontrar soluciones innovadoras.
- **Prototipado.** Es la materialización de la idea que permite a todos ver el diseño de la solución al problema o reto. Esto permite aprender y adaptar el producto a las necesidades propias de la situación real.
- **Prueba.** Es la fase en la que se comprueba la utilidad y efectividad de los resultados propuestos.

- **Análisis de los resultados.** Se trata de una fase crucial en la que se evalúa toda la información recopilada y se extraen conclusiones.

La experimentación creativa y el construccionismo se consideran pilares básicos para que se produzcan avances en la sociedad moderna, fomentando los enfoques prácticos y colaborativos y basando los distintos procesos en la práctica y en la resolución de problemas reales (Öztürk & Calingasan, 2018).

1.3.3. Estudiantes autónomos con Flipped Classroom

El estilo Flipped Classroom o Clase Invertida es un nuevo concepto revolucionario en que el alumnado está en el centro del aprendizaje, donde trabaja de forma autónoma y en la que se responsabiliza a los jóvenes en gran medida de su aprendizaje. Es un sistema totalmente diferente al tradicional, donde los estudiantes acceden a los nuevos materiales fuera del centro educativo, visionan vídeos, hacen lecturas y completan lecciones por sí solos y emplean el tiempo de clase para solucionar retos más complejos o para completar proyectos de mayor envergadura (Barreto & Benitti, 2012).

De esta forma, el aula sirve para desarrollar temas de mayor nivel con más profundidad de forma interactiva, participando en debates, analizando nuevas propuestas y buscando la solución a los problemas de forma colaborativa. Evidentemente, los niveles de autonomía son muy elevados y es el joven el que debe gestionar su tiempo y utilizar aquellos recursos que se adapten a sus habilidades personales de una forma más concreta (Zhong *et al.*, 2021). Así, cada uno accede a los contenidos a su propio ritmo y puede dedicar más tiempo a aquellos conceptos o situaciones que le resultan más complejos. Así se desarrollan mayores niveles de gestión temporal puesto que desde etapas tempranas ya deben administrar la carga de trabajo y marcar sus propias prioridades.

Al haber hecho un trabajo de reconocimiento y estudio previo en casa están preparados para llevar a cabo discusiones argumentadas y para buscar recursos complementarios que les permitan potenciar sus capacidades personales. Cada uno debe llevar su propio ritmo, disponiendo de los tiempos de descanso o de lectura de las lecciones según sea necesario, pero siempre con el objeto de encontrar la solución a las propuestas presentadas.

Naturalmente, el profesorado adquiere una nueva dimensión ya que pasa de ser el centro del proceso a ser únicamente facilitador y guía de la formación.

Las principales obligaciones que tiene son las siguientes:

- **Crear actividades interactivas y desafiantes**, aprovechando el tiempo disponible, optimizando los recursos y adaptando el material a los avances individuales.
- **Realizar una buena curación de contenidos**, seleccionando y facilitando materiales adecuados para trabajar el tema concreto, como por ejemplo vídeos, lecciones o documentos.
- **Apoyar y orientar al alumnado** solucionando dudas, respondiendo a las preguntas surgidas.
- **Evaluar los progresos conseguidos** por los estudiantes, reconduciéndolos cuando sea necesario.

Con este modelo se aumentan los niveles de responsabilidad individual, ya que al tener la obligación de haber trabajado ya los contenidos fuera del centro escolar deben ser proactivos y tienen que mostrar unos niveles importantes de compromiso con su educación. Esto aviva también la calidad del tiempo empleado por el profesorado con su alumnado, puesto que existe una interacción directa y por tanto un soporte y guía real. Cuando sienten que tienen el control de su aprendizaje tienden a mostrar un mayor compromiso y mayor cuidado del material, aspecto fundamental cuando se trabaja con robots educativos. Contribuye a mejorar la motivación intrínseca, mostrando interés por conocer y explorar. Se traslada el tradicional sistema de memorización de la información a otro orientado a cuestiones aplicadas, lo que aumenta las ganas por mejorar (Manches & Plowman, 2017).

Otros elementos destacables son los niveles de retroalimentación que reciben los estudiantes, ya que permiten al profesorado proporcionar de forma personalizada e instantánea feedbacks que ayudan a corregir y ajustar sus enfoques de forma correcta, permitiendo progresar de forma óptima sin desviar los esfuerzos hacia rutinas innecesarias. Esto contribuye, sin duda alguna, a reducir los errores y por tanto los niveles de frustración que aparecen de forma habitual en otras formas de trabajo. Al tener unas adecuaciones tempranas en su camino, el grado de optimización es mayor y por tanto la sensación de eficacia personal puede verse desarrollada (Mitnik *et al.*, 2009).

Además, esto fomenta la utilización de recursos muy variados debiendo los docentes estar muy actualizados y disponiendo de gran variedad de opciones, muchas de ellas en la línea que pueden conseguir que la preparación de las sesiones sea más interesante y motivante. Estos materiales, al estar a disposición de los jóvenes podrán ser visionados, utilizados y analizados cuantas veces necesiten, por lo que el refuerzo y seguridad que les proporcionan es notablemente mayor (García Peñalvo, 2016; Misirli & Komis, 2014).

Todo esto conlleva a que los niveles de estrés se reduzcan porque no deben seguir un ritmo de aprendizaje universal para todos, sino que al controlar su propia evolución rinden según sus capacidades y aumentan sus rendimientos académicos. Por tanto, esta

metodología prepara de una forma más eficaz para el mundo real, para una sociedad del s.XXI que exige unos niveles de formación más elevados y más especializados, con una utilización de las nuevas tecnologías generalizadas y un grado de autonomía muy acentuado (Finch *et al.*, 2021).

En términos generales es un método de trabajo que ofrece unos beneficios claros con los estudiantes, pero es preciso destacar que conlleva unas contingencias que pueden llegar a obstaculizar su implementación real en el aula (Ortega & Lázaro, 2022):

- **Acceso a los contenidos digitales.** El concepto implica necesariamente que se acceda a los materiales digitales en un entorno fuera del centro educativo y para ello se necesita tanto buenos dispositivos electrónicos como una conexión a Internet de calidad que no siempre están garantizados en todos los estudiantes.
- **Trabajo extra para el profesorado.** Esto puede constituir el escollo más serio para implementar esta metodología y es así porque exige un trabajo muy importante en la búsqueda, selección y preparación de los recursos ofrecidos a los estudiantes. A esto hay que añadir la resistencia al cambio, excesivamente presente entre los docentes.
- **Preparación y estudio del alumnado.** Los jóvenes deben ser responsables y tienen que acumular un trabajo previo antes de llegar al aula, constituyendo una obligación que en muchos de los casos tiene difícil cumplimiento.
- **Efectividad en el trabajo en el aula.** Para que el Flipped Classroom tenga éxito, todas las sesiones deben estar perfectamente planificadas con una distribución del tiempo muy optimizada.
- **Fallos en el material necesario en la sesiones.** Cuanta más dependencia exista a los dispositivos electrónicos, a los modelos digitales y a la conexión a Internet más probabilidades de problemas y más necesidad de contar con un plan para solventar las contingencias. Esto exige un nuevo esfuerzo para el profesorado, puesto que debe tener duplicado todo el trabajo.

Para que sea posible llevar a cabo un sistema que requiere cambios tan notables es fundamental contar con dos elementos: la disponibilidad de espacios de aprendizaje adecuados, donde destacan las nuevas Aulas del Futuro y la necesidad de una revisión y adecuación del currículo a las nuevas posibilidades educativas (Martínez González, 2007).

1.3.4. Socialización y trabajo en equipo mediante robótica

La robótica educativa y las nuevas corrientes metodológicas propias del s.XXI la postulan como una herramienta idónea para fomentar espacios de trabajo adecuados para llevar a

cabo soluciones colaborativas ante la amplitud de retos propuestos. Es un campo en el que deben confluír varias áreas de conocimiento de forma interdisciplinar. Se trata de un trabajo en el que los estudiantes tienen que asumir y respetar las normas del grupo y los parámetros establecidos para alcanzar un fin común. Al encontrarse en un entorno en el que los jóvenes desarrollan sus capacidades de forma lúdica, adquieren de forma natural sistemas de trabajo grupales en los que la comunicación tiene un papel central.

Con una estructura de funcionamiento adecuada se puede llegar a simular un entorno de trabajo similar al real en el que el respeto por los demás constituye el pilar del correcto funcionamiento. Dentro de la diversidad existente, cada uno debe tener el espacio suficiente para poder hacer las contribuciones necesarias y para aportar puntos de vista diversos que pueden llegar a enriquecer los resultados planteados (Öztürk & Calingasan, 2018).

Usualmente pueden aparecer desacuerdos o postulaciones divergentes en el diseño y programación de los robots, ya que una misma realidad puede verse estudiada desde perspectivas distintas. Al trabajar en equipo, todos los miembros deben aprender a negociar, a ceder y a argumentar ideas que en ocasiones no son las únicas ante el mismo reto (Níqueles & Cullen, 2017). Frecuentemente se desarrollan habilidades de comunicación entre los distintos miembros, tanto verbal como no verbal, imprescindibles en las relaciones entre las personas. En este caso, aprender que el manejo de las habilidades sociales es fundamental para conseguir acuerdos puede llegar a ser un aprendizaje muy necesario para el futuro personal y profesional del estudiante.

Para conseguir desarrollar el trabajo en equipo con la robótica educativa es fundamental que se distribuyan responsabilidades concretas dentro del grupo, de tal forma que cada uno tenga una labor concreta que debe completar en un clima de cooperación. Se deben respetar las aportaciones y por tanto es necesario confiar en el trabajo desarrollado por el resto de los componentes. Contribuye a desarrollar empatía con el resto de miembros del equipo ante la aparición de problemas durante la tarea. Se considera fundamental el trabajo de mediación y resolución de conflictos ante las discrepancias cuando aparecen contingencias (Segredo *et al.*, 2017).

Dentro del proceso de planificación es fundamental marcar unos tiempos para realizar los trabajos porque en caso contrario se pueden llegar a producir desajustes en el nivel de implicación de unos y otros. Los estudiantes deben asumir la responsabilidad de cumplir con sus tareas y aprender a trabajar de forma sincronizada para cumplir con los plazos y alcanzar los niveles de responsabilidad tanto individuales como colectivos adquiridos (Revelo *et al.*, 2018).

Con la finalidad de mejorar el trabajo en equipo mediante la robótica en los entornos escolares se recogen una serie de objetivos:

- **Crear un clima en el aula** adecuado en el que se valoren las aportaciones personales.
- **Valorar la diversidad y fomentar la inclusión** como forma de enriquecer y potenciar los valores del grupo.
- **Utilizar estrategias que favorezcan las relaciones interpersonales.**
- Realizar actividades que fomenten la **comunicación basada en el respeto.**
- Promover el **uso de herramientas digitales** en la nube con opciones de trabajo colaborativo.
- **Organizar sistemas de evaluación** en los que los estudiantes tengan un papel destacado.
- **Fomentar la participación en eventos comunitarios** en los que el alumnado aporte sus propias elaboraciones.
- **Invitar a que otros miembros** de la comunidad educativa **participen en los proyectos** y sean conocedores de los avances que alcanzan los estudiantes.

Con la aplicación de estas estrategias se promueven una serie de valores que pueden contribuir a superar desafíos y alcanzar objetivos, no solo circunscribiendo sus esfuerzos en los componentes técnicos sino que además conocerán los beneficios de la socialización (Spolaôr & Vavassori, 2017).

1.3.5. Ludificación y gamificación en el aula

En los últimos tiempos la ludificación y la gamificación están introduciéndose en las aulas como recursos complementarios de especial importancia y como metodologías de trabajo novedosas. Cada vez es más habitual encontrar docentes que incorporan estos dos elementos en su trabajo diario, enriqueciendo y dotando de mayor atractivo sus tareas para los estudiantes (Arfé *et al.*, 2020).

La ludificación hace referencia a la utilización de elementos de juego y pensamiento lúdico en entornos que no son tradicionalmente lúdicos, como es el caso del aula. Esto favorece que los estudiantes participen de una forma más activa y además es una forma de mejorar la comprensión y facilitar la asimilación de los contenidos del currículo. Cuando se trata de juegos educativos es fundamental distinguir que se trata de actividades concretas con reglamentación particular y que el alumnado debe realizar unas tareas dentro de un contexto controlado y regulado.

Es bastante habitual que con la ludificación se utilicen algunos sistemas de recompensa, ya sean de carácter digital, cuando se reciben pequeños trofeos virtuales o por medio de

puntos o tablas de liderazgo o de carácter presencial, mediante algunos premios. También es frecuente usar barras de progreso en los que es muy fácil comprobar los niveles de avance que se van alcanzando (Yang *et al.*, 2020).

Uno de los pilares de este sistema es el feedback inmediato que generan los propios juegos, proporcionando una evaluación instantánea. Esto puede llevar comportamientos no deseados, donde los jóvenes consideren que el fin es el premio y no el proceso de aprendizaje.

La implantación de este recurso en las sesiones de trabajo diario es compleja, ya que implica una amplia dedicación del docente y un trabajo previo muy importante. Para llevar a cabo una actividad de ludificación es fundamental estudiar y desarrollar todas las posibilidades y analizar todas las contingencias, puesto que en caso de aparecer situaciones descontroladas inesperadas, el éxito del método está muy comprometido.

Por su parte, la gamificación utiliza elementos del juego para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Utiliza algunos de los principios que tienen los juegos, tales como los desafíos, las recompensas o los logros, para hacer que las actividades de aprendizaje se conviertan en divertidas y motivantes para los más jóvenes (Rose *et al.*, 2020).

Se suelen utilizar situaciones del mundo real en las que los estudiantes tienen que buscar respuestas a los retos presentados, consiguiendo una asimilación conceptual de calidad en la que los jóvenes aprenden jugando, recibiendo un feedback casi instantáneo que permite modificar hábitos y corregir situaciones erróneas (Matere *et al.*, 2021).

Gamificación y ludificación entrelazan algunas ideas, pero la diferencia principal entre ambas es que la primera utiliza el juego para complementar y conseguir mejores resultados de una actividad ya creada, mientras que la segunda conlleva una transformación de la propia actividad para convertirla en un juego completo (Pinkard *et al.*, 2017).

De forma general, el juego aporta una capacidad del individuo a aceptar el fracaso en condiciones controladas, lo que permite que existan situaciones sin éxito que el joven asimila con total normalidad y orienta la situación hacia la superación y la corrección de soluciones erróneas.

En ocasiones este tipo de estrategias pueden desviar la atención real de los procesos de aprendizaje, llegándose a pensar que el juego es el objetivo final y no un medio para la adquisición de nuevos conocimientos (Leroy & Romero, 2022).

1.4. Perspectivas de la robótica educativa en el ámbito educativo

El ámbito educativo está viviendo en la actualidad unos vibrantes cambios que en algunos casos están revolucionando el proceso de enseñanza y aprendizaje, especialmente en los centros educativos en los que la dotación de material es adecuada y la predisposición de los docentes es favorable (Kazakoff *et al.*, 2013). Se han analizado los efectos de las nuevas metodologías de estudio en los jóvenes, destacando las características de las principales.

Naturalmente se está empezando a recorrer el joven camino con unas cuestiones destacables de especial importancia y que posiblemente señalen el camino a seguir en el futuro más cercano:

- **Aprendizajes más individualizados y adaptados a cada estudiante.** Esto es una de las características principales del trabajo con robots en el aula pero adaptando el nivel de dificultad y el ritmo de aprendizaje a cada uno de los jóvenes aprendices. Se deben construir prototipos de forma progresiva, abordando nuevos retos a medida que se van superando los anteriores (Hamada & Sato, 2012). Igualmente se puede partir de la construcción de objetos sencillos de manera individual para a continuación embarcarse de forma colaborativa en otros más complejos, de tal forma que cada sujeto tenga encomendada una responsabilidad dentro del equipo.
- **Integración completa de la robótica educativa en el currículo de los estudiantes.** Son varios los caminos posibles para alcanzar una completa integración de la robótica, pero lo más sensato es integrar el STEAM dentro de la carga lectiva del alumnado. Apoyados por otras disciplinas como las ciencias, la tecnología, la ingeniería, las artes y las matemáticas deben abordar nuevos retos y orientar el trabajo en el aula de forma práctica y aplicada, dejando como complementarios los contenidos más teóricos y analíticos.
- **Actualización de los recursos digitales presentes tanto en el aula como en los hogares.** Para poder trabajar de forma adecuada con el apoyo de las nuevas tecnologías, construir prototipos y desarrollar nuevas ideas es fundamental contar con equipos informáticos de calidad con una conexión veloz y estable a Internet (Zhou *et al.*, 2017).
- **Trabajo con metodologías de enseñanza modernas y ambiciosas.** Todavía queda mucho recorrido en la adecuación de las formas de trabajo con el alumnado

integrando los recursos dentro de las tareas de forma estable, buscando en ellos beneficios en el ámbito educativo.

- **Sostenibilidad y mantenimiento de los programas.** Para que el uso de los robots en el entorno educativo tenga éxito, es fundamental que las políticas educativas se mantengan en el tiempo, renovando los distintos convenios entre las Administraciones y dotando de recursos económicos a los centros escolares (Laakso *et al.*, 2021; Laros & Steenkamp, 2005).
- **Promoción de la inclusión e integración de la diversidad.** La robótica educativa debe ser una herramienta que permita conseguir una inclusión social real donde todas las personas, independiente de sus habilidades y características propias puedan tener su lugar. Debe servir para igualar los orígenes del alumnado. Esto se puede llegar a conseguir dotando de medios económicos y facilitando el acceso a estudiantes en riesgo de exclusión, animando a las mujeres a participar y premiando todos los avances que se consigan durante el proceso (Witherspoon *et al.*, 2016).
- **Adecuación a las nuevas tecnologías como la AI.** Está claro que la inteligencia artificial es ya el presente y sin duda que está revolucionando todos los sectores, incluyendo el educativo como uno de ellos. Las tecnologías emergentes deben estar adaptadas a los avances que se van logrando con el tiempo de tal forma que sirvan como apoyo a los docentes en su labor profesional (Kopcha *et al.*, 2021).
- **Orientación de la formación hacia las exigencias de los mercados del s.XXI.** Cambiar de método no debe responder a ninguna otra exigencia que la preparación de los estudiantes para su vida futura y lógicamente para los mercados profesionales. Es fundamental que los esfuerzos de los jóvenes los lleven a estar preparados para los posibles nichos laborales.
- **Formación específica de los docentes en materia de robótica educativa.** Es muy necesario que los docentes reciban una formación concreta y específica en el diseño, montaje y programación de robots, con el objeto que puedan ofrecer una calidad docente adecuada en este tipo de materias (Kerimbayev *et al.*, 2020).

Se trata pues de seguir avanzando en la incorporación de la robótica educativa en el currículo escolar con la finalidad de formar a los jóvenes estudiantes con los recursos más adecuados para los retos tecnológicos a los que estarán expuestos en el futuro.



2

TECNOLOGÍA UTILIZADA EN LA ROBÓTICA EDUCATIVA

2.1. Robots y otros dispositivos utilizados en la enseñanza

En los últimos tiempos están apareciendo corrientes emergentes que apuestan por el trabajo con robots en el proceso de enseñanza en todas las etapas educativas, aunque son los más jóvenes los que tienen mayor número de estudios. La codificación está adquiriendo un mayor protagonismo en el ámbito educativo (Freeman *et al.*, 2017).

Los dispositivos móviles, debido a su potencia, versatilidad y accesibilidad, son el foco de esfuerzos de las principales compañías tecnológicas, desarrollando cada vez más productos con amplia utilidad en el proceso de enseñanza. Igualmente, la AI está emergiendo con fuerza por lo que previsiblemente pueda llegar a revolucionar también todo lo relacionado con la formación.

Cada vez se busca más que los estudiantes sean los verdaderos protagonistas del proceso, buscando que interactúen y ejecuten tocando y probando los aparatos, consiguiendo así nuevos aprendizajes de una forma más motivante. Los juegos constituyen también una nueva forma de acercamiento de los contenidos al alumnado (Blunt, 2007). Cada vez está más aceptado que además del beneficio motivacional, constituye una metodología adecuada para la transferencia de conocimientos.

La programación y robótica están ocupando un nuevo espacio tecnológico en el que se aúnan ambas vertientes: por un lado el componente tecnológico, con la adquisición de conocimiento digital y por otro lado el didáctico, donde el estudiante aprende utilizando nuevos juegos y materiales. La utilización de hardware real para el aprendizaje de contenidos complejos está suponiendo unos efectos novedosos que pueden llegar a mejorar los resultados académicos (Bacivarov & Ilian, 2012). En esta línea, países como Japón cuentan con gran número de empresas dedicadas a la investigación y producción de kits robóticos educativos por lo que cada vez están más extendidos los estudios que analizan sus efectos (Basoeki *et al.*, 2013).

El ser humano siempre ha buscado tener robots realistas, ya sea en el hardware como en software con la inclusión de la IA. Cada vez es más sencillo acceder a sistemas open source en los que el estudiante puede reproducir robots humanoides con ayuda de impresoras 3D. El horizonte parece apuntar en esa dirección, en la que cada uno puede construirse su propia tecnología, centrando la adquisición de nuevos conocimientos al proceso de construcción y puesta en funcionamiento.

Existen otros aparatos diseñados específicamente para solucionar problemas concretos y con la aparición de nuevas tarjetas programables open source el alumnado puede

adaptar y llevar este trabajo al aula, resolviendo los retos que se le plantean de la vida real. Todo esto de una forma cada vez más sencilla y económica.

2.1.1. Robots de suelo

Una opción generalizada es el uso de robots de suelo como herramienta para la adquisición de conocimientos digitales en la escuela, ya que existe una oferta tan amplia que es posible encontrar el que más se adapta a las necesidades reales de cada centro educativo.

A continuación se presentan los principales tipos existentes en la actualidad, describiendo sus características y posibilidades educativas.

2.1.1.1. Blue-Bot®

Blue-Bot® es un robot de suelo que surge como una evolución del Bee-Bot® y debido a su sencillez es muy adecuado para el alumnado a partir de 6 años, pudiendo llegar a programarlo de forma gráfica con la tablet incluso sin saber leer.

Dispone de una botonera en la parte superior que permite indicar sencillas direcciones al aparato, pudiendo llegar a completarse un total de 40 movimientos. De forma general, su desplazamiento consiste en avance y retroceso fijo de 15 centímetros y de giros de 90°.

Es una buena herramienta para iniciar al estudiante al pensamiento computacional, puesto que el sistema de funcionamiento se basa en la secuenciación de órdenes, guiando el aparato por distintas superficies y superando los objetivos propuestos en cada uno de los retos planteados. Es importante destacar que el alumnado trabaja jugando y la adquisición de conocimientos se produce de forma lúdica, sin la focalización en el proceso, cuestión que en ocasiones produce bloqueos en los aprendices más jóvenes.

Igualmente, cuenta con una aplicación llamada App Blues Blocks, instalable en dispositivos móviles desde la que se puede gestionar la programación mediante el uso de bloques del tipo Scratch. Destaca su adaptabilidad, puesto que en la actualidad se puede instalar en los principales sistemas operativos. Al disponer de tecnología Bluetooth, se conecta de manera sencilla y rápida.

Se han llevado a cabo diversos estudios con ayuda del Blue-Bot®, destacando los trabajos sobre la didáctica de la lengua (Moreno *et al.*, 2019), la orientación especial (Alfieri *et al.*, 2015) o las competencias sociales y emocionales (Kewalramani *et al.*, 2021). Además, se trata de una herramienta idónea para trabajar el pensamiento computacional, ya que es

muy válido para dar continuidad a actividades desenchufadas en las que el estudiante debe adquirir, entre otras, habilidades de secuenciación de órdenes.

Cuenta con una amplia variedad de carcasas y tapetes para su uso, por lo que permite el trabajo en todas las materias del currículum de primaria, relacionando los movimientos con contenidos tales como números, figuras geométricas, operaciones aritméticas, lateralidad, orientación espacial, accidentes geográficos, partes del cuerpo humano, etc. El alumnado podrá guiar el robot hacia el lugar que determinen las respuestas correctas.

Figura 4. Visión frontal del Blue-Bot®.



2.1.1.2. Clementoni® Super Doc

Se trata de un robot educativo de la fábrica Clementoni® diseñado para niños y niñas de edades a partir de 5 años. Es un juguete educativo que tiene dos ojos grandes que sugieren un aspecto vagamente humanoide que se puede modificar usando las ropas de cartón disponibles, pudiéndose transformar en dragón, mago, hada y caballero. El tapete tiene unas dimensiones de 90 x 60 centímetros divididos 6 x 4 casillas de 15 centímetros.

Cuenta con dos opciones de uso, una de programación libre, en la que el niño debe indicar la secuencia de órdenes a seguir usando cartas y tableros, que por medio de sencillas asociaciones lógicas se pueden lograr aproximaciones a algoritmos simples de iniciación a la programación y robótica de forma gradual y creativa. La metodología de uso es muy sencilla, ya que tiene unas cartas de objeto que ayudarán al niño a fijar los objetivos y también unas fichas de dirección que ayudan a planificar la secuencia de órdenes que debe completar el robot. Otra opción es la que el propio juguete reconoce su posición en el tablero y le indicará al joven los objetivos a conseguir. Reaccionará con los movimientos ejecutados, siendo esta más compleja y requiriendo la supervisión de un adulto para completar con éxito el funcionamiento. Cuenta con cuatro niveles de dificultad que podrán poner a prueba la habilidad del estudiante.

Cada uno de los personajes debe realizar una misión en la que los jóvenes deben buscar la mejor resolución del problema para alcanzar el éxito. Debido a la sencillez de los disfraces, se abre la posibilidad de que se creen nuevas vestiduras para el Super Doc.

También se utiliza el Super Doc para el trabajo de la geometría en alumnado de primera infancia, diseñando diversos entornos y adaptando accesorios al robot para poder acoplar rotuladores y lápices.

Figura 5. Visión frontal del Clementoni® Super Doc.



2.1.1.3.Code & Go®

Code & Go® es un robot de suelo con forma de ratón programable que cuenta con una botonera superior que permite cargar sencillas secuencias para completar misiones. Orientado a niños mayores de 5 años, tiene un aspecto infantil que se convierte en amigable para los más jóvenes. Está diseñado por la empresa Learning Resources y como otros robots similares tiene 30 tarjetas de codificación de doble cara que ayudan a programar los movimientos y 10 tarjetas de actividades de doble cara.

El fabricante dispone de un tablero genérico necesario para llevar a cabo el juego que consta de 16 paneles de 12,5 cm x 12,5 cm, 3 túneles y 22 paredes de laberinto con los que el jugador debe crear recorridos que más adelante tendrá que resolver por medio de la secuenciación de programación.

Además, y como elemento novedoso frente a otros dispositivos, Learning Resources® cuenta con un paquete específico para el trabajo de matemáticas donde aparecen un total de 10 casillas numeradas y unos dados. Esta expansión del juego está diseñada para el trabajo de contenidos tales como las sumas, restas, secuenciación de números y el concepto de par e impar. Incluye una guía de actividades que facilita la integración del uso de este producto en las sesiones de trabajo diario.

Figura 6. Visión zenital del Code & Go®.



2.1.1.4. Codey Rocky®

Codey Rocky® es un potente robot educativo programable diseñado por Makeblock® que permite iniciarse en la programación a alumnos y alumnas de más de 6 años. De forma totalmente lúdica, este robot de suelo es compatible con Neuron y algunos ladrillos de LEGO®. Dispone de más de 10 módulos electrónicos tales como sensor de sonido, sensor de luz, giroscopio o una pantalla matriz de puntos led, que permitirán al usuario realizar proyectos muy novedosos y con diversos grados de dificultad.

El robot se puede programar desde diversos lenguajes como Python, aunque está diseñado para ser utilizado mediante software sencillo de bloques basado en Scratch. Se trata de un elemento compacto con el que investigar y adentrarse en el mundo de la AI y también del IoT.

Cabe destacar que Makeblock® dispone de una plataforma propia de programación llamada mBlock® con un gran potencial para su utilización en el aula.

Este dispositivo está formado por dos piezas: una de ellas es la base (Rocky) que tiene ruedas, sensor de color y sensor de proximidad; la otra es el cuerpo (Codey), que incluye el cerebro programable, además de una pantalla con LEDs y varios sensores.

Se trata de una herramienta para usuarios que disponen ya de unas nociones más elevadas sobre computación y robótica, ideal para los últimos cursos de Educación Primaria.

Además, Codey Rocky® permite la conexión mediante tecnología Bluetooth y Wifi y trabajar tanto con ordenadores como con tablets y móviles.

El uso de este robot permite el trabajo de forma grupal para la promoción de conciencia social y nuevos estilos de vida entre los más jóvenes. Para ello es necesario llevar a cabo un diseño específico de tareas complementándolas con un sencillo trabajo de programación (Palmieri & Grimaldi, 2022).

Figura 7. Visión lateral del Codey Rocky®.



2.1.1.5. Cubetto®

Cubetto® es un robot construido en madera basado en el método Montessori que permite tener un acercamiento de la programación a niños y niñas de 3 a 6 años. Su funcionamiento es extremadamente sencillo y se puede utilizar desde etapas tempranas.

Para usar el dispositivo no es necesario tener ni manipular ningún software, sino que se utiliza un tablero que dispone de una pequeña guía donde se deben situar las fichas de programación. A medida que la secuencia avanza, el robot ejecutará las órdenes indicadas con las fichas. Dispone de diversas acciones y con la correcta combinación se pueden crear secuencias.

Tiene un aspecto muy amigable, colores muy suaves y terminación muy cuidada. Utilizando materiales complementarios como mapas, cuentos o manuales se pueden ampliar enormemente sus posibilidades de uso.

Cubetto®, de la empresa PrimoToys, nació a partir de una campaña crowdfunding de Kickstarter, un sistema de financiación con el que los creadores consiguieron multiplicar por 15 la cantidad inicial necesaria.

La limitación que le convierte en una herramienta básica es que dispone de una consecución de movimientos muy simple y que no se tiene más configuración que la combinación de las propias fichas. El fundamento del sistema se encuentra en la propia

secuenciación (Benitti, 2012; Bers, 2018, Bers *et al.*, 2019; Chevalier *et al.*, 2020; García Varcárcel & Caballero González, 2019).

Después de preparar el tablero con las fichas y pulsar el botón azul, la caja principal comenzará a desplazarse lentamente siguiendo la secuencia indicada.

Figura 8. Visión frontal del Cubetto®.



2.1.1.6. Dash & Dot®

Dash & Dot® son robots educativos diseñados por Wonder Workshop, una empresa que crea herramientas tecnológicas para promover el aprendizaje de programación y habilidades STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) en niños y jóvenes.

Dash es un robot móvil con ruedas que puede moverse en diferentes direcciones y velocidades. Su diseño es amigable, dispone de colores brillantes y tiene una forma redondeada que resulta agradable para los niños. Está equipado con sensores de distancia, micrófono y luces que le permiten interactuar con su entorno y responder a estímulos externos.

Dot es el compañero más pequeño y pasivo de Dash. Tiene una forma redonda y compacta y colores atractivos. Dot puede ser programado y controlado de manera similar a Dash a través de aplicaciones y, aunque no se desplaza por sí mismo, puede moverse en conjunto con Dash durante algunas actividades y juegos.

Ambos robots, Dash & Dot, pueden ser programados utilizando una interfaz de programación visual llamada "Blockly" que permite a los usuarios, incluidos aquellos sin experiencia en codificación, crear secuencias de acciones arrastrando y soltando bloques de código. Puede conectarse a dispositivos móviles o tabletas a través de Bluetooth para ser programado y controlado mediante aplicaciones interactivas.

Wonder Workshop, la empresa detrás de Dash & Dot®, ha desarrollado una variedad de aplicaciones educativas que se utilizan para programar, controlar y jugar con estos robots. Estas aplicaciones ofrecen una amplia gama de actividades y desafíos que fomentan el pensamiento lógico, la resolución de problemas y la creatividad en los usuarios.

Figura 9. Visión del Dash&Dot®.



2.1.1.7. Edelvives NEXT®

Edelvives NEXT® es una plataforma de robótica educativa desarrollada por Edelvives, una editorial española especializada en material educativo. Edelvives NEXT® tiene como objetivo fomentar el aprendizaje de STEM de una manera interactiva y divertida a través de la programación y el uso de robots.

La empresa ofrece una serie de dispositivos programables en un proyecto integral de robótica educativa fruto del acuerdo firmado entre la editorial y Lego Education®. La plataforma utiliza una interfaz de programación visual que permite a los estudiantes arrastrar y soltar bloques de código para crear secuencias de comandos que controlan el comportamiento del robot.

Por otro lado, Edelvives proporciona tapetes robóticos para el aprendizaje mediante equipos cooperativos de trabajo sobre los cuales se realizan los movimientos programados directamente en el robot o a distancia.

Los robots de suelo NEXT ofrecen direccionalidad avanzada y programación a distancia. Además incorporan distintos movimientos, luces y sonidos que llamarán la atención de los estudiantes y gracias a la utilización de la aplicación Next es posible emitir órdenes al robot a través de la tecnología Bluetooth 4.0.

Está diseñado para adaptarse a diferentes niveles de habilidad, desde principiantes hasta estudiantes más avanzados, ofreciendo desafíos apropiados para cada grupo. La plataforma de programación incluye materiales y recursos educativos que los docentes pueden utilizar en el aula para integrar la robótica educativa en su plan de estudios.

Desde la página web oficial (<https://www.edelvives.com/pr/mx/robotica/>) se puede acceder a las distintas propuestas didácticas de la editorial, que van desde los 3 a los 16 años divididos en una propuesta de 5 retos presentados de dificultad progresiva. Cabe destacar que estas propuestas didácticas facilitan su utilización en el aula siguiendo un criterio pedagógico adecuado.

Figura 10. Visión frontal del Next 2.0®.



2.1.1.8. Edison®

Los robots Edison® son una línea de robots educativos diseñados para enseñar conceptos de programación y robótica de manera interactiva y divertida. Estos robots están especialmente dirigidos al ámbito educativo con una relación de coste y posibilidades de configuración muy adecuadas.

Los robots Edison® son duraderos, no tienen piezas sueltas que manipular y gracias a su tamaño compacto, son fáciles de almacenar. Edison se comercializa completamente preconstruido con todos los sensores listos para usar, lo que dota de una excelente resistencia a la rotura, por lo que se convierte en una herramienta idónea para trabajar en las aulas, especialmente a las dedicadas a los proyectos STEAM.

Las capacidades robóticas del aparato se pueden desbloquear con facilidad a través de simples programas de código de barras. Los estudiantes pueden comenzar a explorar la codificación utilizando los códigos de barras únicos para activar programas preestablecidos y pueden progresar a través de tres lenguajes de programación:

trabajando desde la codificación de arrastrar y soltar basada en iconos, pasando por la codificación basada en bloques y alcanzando la programación basada en texto.

Los estudiantes pueden mejorar el robot utilizando bloques de Lego gracias a su compatibilidad con Edison. La empresa australiana Microbic, fabricante del producto, cuenta con material didáctico desde los 4 hasta los 16 años.

El robot se guía mediante infrarrojos para detectar obstáculos y esquivarlos; los sensores de luz le permiten guiarse, siguiendo por ejemplo la luz de una linterna; tiene sensores que permiten emitir sonidos y también dispone de siguelíneas que habilitan la opción de hacer recorridos.

Edison® puede unirse a otros robots Edison® creando máquinas más complejas con varios motores y sensores, así como complementar con más piezas de LEGO®, puesto que tiene compatibilidad pudiendo así trabajar con creaciones realmente complejas.

Figura 11. Visión del robot Edison®.



2.1.1.9. EscornaBot®

Escornabot® es un proyecto open source de robótica educativa. Se trata de un robot económico indicado para introducir a los estudiantes al campo de la robótica y la programación que puede usarse desde edades muy tempranas ya que para su utilización básica no se requieren conocimientos previos.

Se caracteriza por tener una estructura simple y fácil de montar, lo que permite que sea un proyecto DIY (hazlo tú mismo). La idea detrás de esta simplicidad es involucrar a los estudiantes en la construcción del robot y fomentar la comprensión de la mecánica y la electrónica básica. Se trata de un proyecto en constante evolución y cualquiera puede hacer mejoras y modificaciones, por lo que han ido surgiendo muchas versiones de este robot.

El Escornabot® básico puede programarse con los botones para ejecutar secuencias de movimientos, teniendo como único límite la imaginación. Al ser un proyecto OSHW y FOSS con una placa de tipo Arduino, el usuario puede adaptar las características a sus necesidades: operar con sensores, leds, cambiar la apertura del ángulo de giro, la distancia que avanza, etc.

Las piezas necesarias para construir el robot, tanto los componentes electrónicos como la carcasa y la tornillería, se pueden adquirir directamente en un kit ya soldado o sin soldar. También se pueden comprar las piezas electrónicas una a una e imprimir piezas propias en 3D desde la página oficial (<https://escornabot.com/es/>).

La filosofía detrás del proyecto es promover una robótica educativa asequible y accesible, fomentando el aprendizaje colaborativo y la difusión de conocimientos entre la comunidad educativa. Es la clave para que toda la comunidad pueda hacer uso y pueda contribuir con nuevas mejoras y aportaciones y lograr así que el proyecto crezca y evolucione entre los estudiantes.

Figura 12. Visión zenital del robot EscornaBot®.



2.1.1.10. Finch® Robot

Finch® es un robot educativo creado por la Carnegie Mellon University en colaboración con BirdBrain Technologies^{LLC}. Se trata de un robot móvil diseñado para enseñar programación y conceptos de robótica de una manera interactiva a estudiantes de todas las edades, incluidos aquellos que no tienen experiencia previa en programación.

El Finch® es un aparato pequeño y redondeado, del tamaño aproximado de una mano con una carcasa de plástico resistente que protege sus componentes internos. Su tamaño y forma lo hacen ideal para interactuar y ser manipulado con facilidad. Puede moverse

por superficies planas gracias a sus ruedas motorizadas, lo que le permite explorar su entorno y ejecutar diversos comportamientos programados.

Está diseñado para crecer con los estudiantes, usando desde la codificación basada en iconos y bloques hasta la programación avanzada basada en texto. FinchBlox proporciona una interfaz amigable de uso muy sencillo para aprender a programar en diferentes lenguajes de programación como Python o Scratch.

Utiliza Micro:bit® como procesador, con el que los estudiantes pueden escribir código para controlar el movimiento del robot, leer datos de sus sensores y tomar decisiones basadas en esa información. Está equipado con varios sensores que le permiten percibir su entorno y responder a estímulos. Estos sensores incluyen acelerómetros, resistencias activadas por la luz, un altavoz y sensores táctiles.

El Finch puede ser utilizado para enseñar conceptos clave de ciencias de la computación tales como bucles, condicionales, funciones y algoritmos. Los estudiantes pueden crear proyectos creativos que involucren arte y diseño con el robot Finch. El robot también se ha utilizado en investigaciones educativas para evaluar el impacto del aprendizaje de la programación y la robótica en el desarrollo cognitivo y habilidades de resolución de problemas de los estudiantes.

Diversos estudios indican que los jóvenes usuarios mejoran notablemente su motivación al llevar a cabo aprendizajes utilizando este dispositivo (Eubanks & Strader, 2012; Kentros *et al.*, 2019; Lauwers & Nourbakhsh, 2010)

Figura 13. Visión del robot Finch Robot®.



2.1.1.11. Maqueen®

Maqueen®, es un robot de programación gráfica para educación STEAM que hereda la jugabilidad y el funcionamiento simple de Micro:bit®.

El robot fue desarrollado la empresa española BQ (Zowi Robotics) buscando una manera divertida y accesible de introducir a los estudiantes en el mundo de la robótica y la programación. Es un pequeño dispositivo fácil de usar y programar en el entorno de programación Makecode.

MakeCode es una plataforma de programación visual desarrollada por Microsoft que permite crear y compartir proyectos interactivos y aplicaciones mediante el uso de bloques de código. Estos bloques de código gráfico se pueden arrastrar y soltar para construir programas y están organizados en diferentes categorías según las funcionalidades que ofrecen. La plataforma está diseñada para ser accesible y fácil de usar, lo que la hace ideal para enseñar conceptos de programación y electrónica a personas de todas las edades.

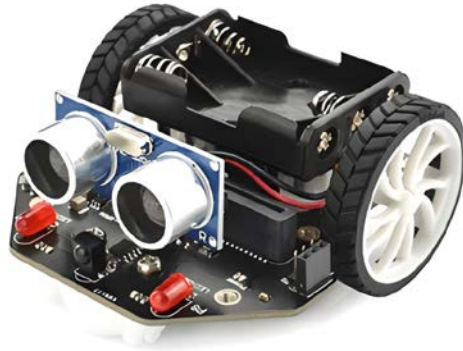
El robot se comercializa totalmente montado a falta de conectar las ruedas y las pilas, por lo que no es necesario soldar y se puede poner en funcionamiento en pocos minutos con los códigos de ejemplo. Es necesario conectar una placa Micro:bit con la posibilidad de usar sus diversos sensores e inventar diferentes juegos.

El reducido tamaño del chasis, el acabado de buena calidad, las múltiples prestaciones integradas y el que sea plug-and-play ayudan a captar inmediatamente la atención de los estudiantes fomentando su curiosidad e interés por la ciencia y el pensamiento lógico.

Funciona con una alimentación de 3,5 a 5 V en corriente continua. Dispone de 2 sensores infrarrojos para la comunicación con un mando a distancia, un zumbador para emitir ruido y señales acústicas, luces led programables, leds RGB programables en diferentes colores, un sensor de distancia que funciona con ultrasonido, un conector I2C para módulos de expansión, dos motores con reductora de 1:150 y capacidad de control para los motores por salidas PWM.

Es uno de los robots más usados en el ámbito educativo para aprender lenguaje computacional.

Figura 14. Visión del robot Maqueen®.



2.1.1.12.mBot®

El robot mBot® fue lanzado por primera vez en 2014 por Makeblock, una compañía especializada en kits de robótica y productos relacionados con la educación STEAM. El mBot se inspiró en la creciente demanda de herramientas educativas asequibles que permitieran a los estudiantes aprender de manera práctica y divertida.

El mBot® presenta un diseño modular que permite un fácil montaje y desmontaje. Contiene 38 piezas que se ensamblan utilizando conectores RJ25 coloreados para facilitar la conexión, asegurando así que la mayor parte del tiempo se utiliza programando y siendo creativo. Se comercializa con varias opciones básicas pre-ensambladas, incluyendo vehículo que evita obstáculos, sigue líneas o movimiento con control remoto. Puede ser usado en muchos juegos como explotar globos, jugar al fútbol, sumo, etc.

El software de arrastrar y soltar mBlock está basado en Scratch 2.0 y proporciona una forma rápida de aprender a programar, controlar el robot y realizar variedad de funciones.

El cuerpo mecánico del mBot® es compatible con la plataforma Makeblock y muchas piezas de Lego, mientras que las piezas electrónicas se desarrollan basándose en el sistema de código abierto de Arduino. Esto hace posible que mBot tenga una extensibilidad infinita, usando cualquier pieza mecánica y módulo electrónico necesario para convertirlo en el robot deseado. Makeblock ofrece una amplia gama de componentes y sensores adicionales que se pueden conectar al mBot para ampliar sus capacidades y funcionalidades.

El mBot está ampliamente utilizado en entornos educativos y ha ganado popularidad como una opción ideal para enseñar a estudiantes en edades tempranas y jóvenes. Se realizaron diversos estudios para el trabajo de coordenadas matemáticas (Sáez *et al.*, 2021).

Figura 15. Visión del robot mBot®.



2.1.1.13. Micro:bit® – kits de desarrollo

Las placas Micro:bit® y los kits de desarrollo asociados son herramientas valiosas para enseñar programación y electrónica de manera interactiva y creativa. Son especialmente adecuados para principiantes y estudiantes, pero también pueden ser utilizados por aficionados y desarrolladores para crear una amplia gama de proyectos.

Fue creada por la BBC en el Reino Unido con el objetivo de promover la educación en Ciencias de la Computación y Tecnología en las escuelas. Desde su lanzamiento en 2016, la placa Micro:bit ha ganado popularidad en todo el mundo debido a su facilidad de uso.

La Micro:bit® es una pequeña placa de desarrollo que incluye un microcontrolador ARM Cortex-M0, sensores como acelerómetro y brújula, LEDs, botones y pines de conexión. Aunque su tamaño es pequeño, está diseñada para ser versátil y adecuada para una variedad de proyectos. La plataforma dispone de sonido, micrófono y un altavoz integrado, así como un botón de entrada táctil adicional y un botón de encendido. La placa Micro:bit se programa usando varios lenguajes y entornos, lo que la hace accesible para diferentes niveles de habilidad. Los lenguajes de programación compatibles incluyen Microsoft MakeCode (un entorno de programación visual basado en bloques similar a Scratch), Python y JavaScript.

El Micro Bit® se creó utilizando los kits de desarrollo ARM mbed. El sistema en tiempo de ejecución y la interfaz de programación utilizan el servicio de compilación en la nube mBed para compilar el código del usuario en un archivo UF2. El código compilado se transfiere al dispositivo mediante conexiones USB o Bluetooth. El dispositivo aparece

como una unidad USB cuando se conecta a una computadora y el código se puede flashear arrastrando y soltando el archivo UF2.

La documentación de diseño de hardware disponible consta únicamente del esquema y la lista de materiales distribuidos bajo la licencia Creative Commons By Attribution y no está disponible el diseño de PCB. Sin embargo, el diseño de referencia compatible de Micro:bit Educational Foundation está completamente documentado.

Se trata de una herramienta muy adecuada para la enseñanza con computación física en la escuela (Kalelioglu & Sentance, 2020).

Figura 16. Visión de kits de desarrollo Micro:bit®.



2.1.1.14. Ozobot Bit®

El Ozobot Bit® fue lanzado por Ozobot Inc., una empresa con sede en California, que se especializa en la creación de robots educativos y soluciones tecnológicas para el aula. El objetivo principal de Ozobot era diseñar un robot asequible y fácil de usar que pudiera llevarse a cualquier lugar y que los estudiantes pudieran programar y controlar sin necesidad de conocimientos de programación complejos.

Ozobot Bit es un pequeño robot inteligente que funciona mediante los comandos que recibe al dibujar líneas y códigos de colores (negro, azul, rojo y verde) ya sea en papel o usando una aplicación que se puede descargar de su página web. Este robot tiene un sensor que le permite leer y comprender los colores y realizar diferentes movimientos y acciones.

Es un aparato educativo de pequeñas dimensiones que ofrece muchas alternativas y es muy manejable. Dispone de diversos sensores de color en su parte inferior que hacen que sea capaz de seguir una línea de un grosor determinado o interpretar órdenes mediante códigos de color que vienen incluidos en una guía.

Mediante estos códigos se le puede indicar, por ejemplo, la velocidad a la que tiene que desplazarse, si tiene que voltear a la derecha o izquierda, si se desea que la luz cambie de color o si tiene que repetir los comandos o simplemente parar o hacer el recorrido nuevamente.

Para niveles más avanzados, se puede programar completamente su comportamiento y movimientos usando codificación en bloque.

En la página web de Ozobot es posible encontrar recursos para su uso, lecciones por niveles y por edades, proyectos, guías para profesores y hasta retos a seguir para que los estudiantes puedan poner a prueba sus habilidades programando las acciones de este robot.

Figura 17. Visión del robot Ozobot Bit®.



2.1.1.15. Pro-Bot®

Pro-Bot® es un robot programable con apariencia de antiguo coche de carreras. Pertenece a la familia de robots educativos de TTS Group, que también comercializa Bee-Bot® y Blue-Bot®.

Es un dispositivo que permite una introducción a Logo y posibilita programar rutinas más avanzadas que con Bee-Bot®, por lo que está recomendado para estudiantes de primaria a partir de 6 años que busquen nuevos retos y se les quiera introducir en la programación.

Este robot educativo se puede guiar utilizando las teclas de movimiento en la capota del coche, pero para aquellos más avanzados también es posible programarlo en Logo, un lenguaje diseñado en los años 60 para enseñar programación a niños.

La programación se puede realizar directamente desde el panel LCD lo que permite editar y ajustar los comandos de manera conveniente.

Pro-Bot® está equipado con sensores de choque delanteros y traseros, sensor de luz y sensor de sonido. Además, este robot es altamente personalizable y compatible con piezas K'Nex, lo que permite a los usuarios rediseñarlo y adaptarlo a sus necesidades.

Una de las características que tiene es su capacidad para dibujar mientras se mueve, simplemente agregándole un rotulador en su capota. Para ampliar sus capacidades, es posible adquirir rotuladores y alfombrillas adicionales.

La conectividad también es un punto fuerte del dispositivo, ya que se puede conectar al ordenador mediante un cable USB o también con el software Probotix, pudiendo transferir la programación del robot al ordenador y viceversa. Esto permite realizar pruebas y ajustes antes de llevar el robot a la práctica, garantizando resultados óptimos en cada proyecto.

Figura 18. Visión del robot Pro-Bot®.



2.1.1.16.Sphero® SPRK+

Sphero® es una bola robótica que ha tenido muy buena aceptación en el mercado desde que el primer modelo fue lanzado en 2010 por la compañía Sphero. En este camino ha vivido varias evoluciones como su transformación en BB-8®, el dinámico robot de Star Wars. El primer producto que lanzaron al mercado fue el robot Sphero®, una pequeña esfera robótica controlada a través de aplicaciones móviles. A partir de ahí ha desarrollado varios modelos y versiones, incluido el Sphero SPRK+, que es una versión actualizada del modelo original con mejoras y características adicionales.

Al igual que su predecesor, SPRK+ tiene una forma esférica, lo que le permite moverse en todas las direcciones y rodar sobre diferentes superficies. Es resistente al agua, por lo que puede rodar sobre superficies húmedas o incluso en agua, siempre y cuando no esté completamente sumergido. Está diseñado para ser duradero y soportar impactos ligeros, lo que lo hace adecuado para su uso en entornos educativos y al aire libre.

Los robots Sphero se controlan con el móvil, y para que la conexión entre ambos sea mejor se ha implementado la versión Smart de Bluetooth, permitiendo un radio de uso de hasta 30 metros y un consumo menor.

Sphero Edu es la aplicación oficial para programar SPRK+ y otros robots de la marca. Ofrece una interfaz de programación visual con bloques lógicos para crear secuencias y algoritmos. Los estudiantes más avanzados en programación pueden utilizar comandos de texto enviados a través de Bluetooth o USB. Además de las aplicaciones oficiales, algunos desarrolladores externos han creado aplicaciones y proyectos que permiten programar SPRK+ con diferentes enfoques y lenguajes de programación.

Los Sphero se han instalado en más de mil colegios en Norteamérica, con ellos enseñan código y robótica a los más pequeños

Figura 19. Visión del robot Sphero SPRK+®.



2.1.1.17. Thymio®

Thymio® es un robot educativo versátil que ofrece una gran variedad de sensores y actuadores, lo que lo convierte en una excelente herramienta para aprender robótica y programación. Su diseño accesible y la posibilidad de utilizar diferentes entornos de programación hacen que sea una opción popular para educadores y estudiantes en todo el mundo.

Es un robot educativo diseñado por el Laboratorio de Sistemas Inteligentes (EPFL) en Suiza y se lanzó al mercado en 2013. Es adecuado para la enseñanza de sistemas multi-robot. Tiene un coste reducido y está equipado con sensores de infrarrojos, un sensor de temperatura y un acelerómetro. Tiene un microcontrolador PIC24 a 32 MHz de bajo rendimiento. En su parte posterior dispone de la entrada microUSB para carga y programación así como una ranura microSD para poder reproducir los sonidos grabados previamente ante eventos producidos/detectados por los correspondientes sensores o alguna de las cinco teclas capacitivas de las que dispone en su zona superior.

Aseba es el lenguaje de programación específico para Thymio que permite gestionar el robot utilizando un lenguaje textual y también una interfaz de programación visual. Con Aseba/VPL los estudiantes pueden programar el comportamiento del robot asignando acciones a eventos y configurar los diferentes sensores y actuadores. Thymio también es compatible con entornos de programación como Scratch y Blockly. Estos entornos permiten arrastrar y soltar bloques de código para crear programas para el robot de manera intuitiva.

Con estos lenguajes de programación los estudiantes pueden generar una amplia variedad de comportamientos para Thymio, desde seguir líneas hasta evitar obstáculos, completar juegos y participar en desafíos de resolución de problemas.

Aunque este tipo de herramientas dispone de altas posibilidades para su utilización dentro del aula hay estudios que recogen las dificultades existentes para su extensión en los centros educativos (Mondada *et al.*, 2017).

Figura 20. Visión del robot Thymio®.



2.1.1.18. Xtrem Bots Andy®

Xtrem Bots Andy® es un robot móvil desarrollado por la compañía Xtrem Bots. Esta empresa se dedica a la fabricación de robots educativos y de entretenimiento con el objetivo de promover el aprendizaje STEAM de una manera divertida e interactiva.

Es un dispositivo programable diseñado para acercar a los niños y niñas mayores de 4 años al mundo de la programación de una manera fácil, divertida y creativa. Se trata de un robot con ruedas que le permiten desplazarse de manera ágil y flexible en diferentes direcciones. Cuenta con hasta 30 acciones programables con un máximo de 30 movimientos (izquierda, derecha, delante y detrás), pudiendo elegir que se desplace en distancias de 15 o 30 cm. La programación del robot se realiza a través de los 7 botones que tiene en la cabeza.

Con él los usuarios aprenderán a diferenciar entre izquierda y derecha desde cualquier perspectiva y desarrollarán la lógica y la visión espacial. El robot baila, emite sonidos y cuenta con luz LED y juegos descargables en la web del producto.

En Xtrem Bots han desarrollado tres líneas de robótica educativa con diferentes edades de acceso y objetivos para acompañar a los estudiantes, desde las más tempranas hasta los mayores de 12 años. En la línea “programa y juega” la empresa comercializa robots teledirigidos y programables originales y fáciles de utilizar. Cada robot tiene diseños y características diferentes, pudiéndose montar hasta 12 robots distintos. Algunos de ellos funcionan con energía solar y propulsión hidráulica.

Los dispositivos más comercializados de la compañía para robótica educativa son el Trooper Bot, idóneo para familiarizarse con los fundamentos de la robótica y la programación con variedad de sensores; el Spy Bot, orientado al mundo de la vigilancia y la inteligencia artificial, equipado con una cámara integrada y controlado a distancia; el Titan Bot que desafía a los usuarios a mejorar sus habilidades en programación y robótica con una estructura modular y funcionalidades de control remoto.

Figura 21. Visión del robot Xtrem Bots Andy®.



2.1.2. Tabla comparativa de robots de suelo

A continuación se presenta una tabla con las principales características de los robots de suelo analizados:

Tabla 1. Relación entre modelos de robots, edad de los usuarios y entornos de programación.

MODELO	EDAD USUARIOS	ENTORNO PROGRAMACIÓN
Blue-Bot®	+6 años	App Blue Blocks
Clementoni® Super Doc	+5 años	Botones robot
Code & Go®	+5 años	Botones robot
Codey Rocky®	+6 años	mBlock, Python
Cubetto®	3-6 años	Tablero con fichas
Dash & Dot®	5-14 años	Blockly
Edelvives NEXT®	6-7 años	App Next 2.0 Edelvives
Edison®	4-16 años	EdWare, Python
Escornabot®	+ 4 años	Escornabot KeyPad, Python, Scratch
Finch®	4-12 años	FinchBox, Python, Snap, Scratch
Maqueen®	+8 años	Mind+, Makecode, Scratch
mBot®	+10 años	Makeblock, Scratch
Micro:Bit®	+8 años	Makecode, Scratch, Python
Ozobot Bit®	+6 años	Códigos de color, Blockly
Pro Bot®	+6 años	Botones robot, Probotix, Logo
Sphero® SPRK+	+8 años	Sphero Edu
Thymio®	+6 años	Aseba, Scratch, Blockly
Xtrem Bots Andy®	+4 años	Botones robot

2.2. La programación en ámbito educativo

La programación en el ámbito educativo está adquiriendo un valor cada vez más importante entre los jóvenes estudiantes. El peso curricular que tiene se va ampliando y cada vez es más sencillo encontrarse con materias relacionadas con la tecnología en los centros educativos (Barreto & Benitti, 2012). El conocimiento del funcionamiento de los distintos dispositivos está ampliamente valorado y poder interactuar con los aparatos electrónicos del entorno está muy demandado por la sociedad (Caldwell & Jones, 2011).

Trabajar estos contenidos no forma únicamente en cuestiones puramente técnicas a los estudiantes, les permite desarrollar también habilidades relacionadas con el pensamiento lógico y la resolución de problemas. Además, se fomenta el trabajo en equipo ya que cuando se abordan proyectos de cierta envergadura es habitual desmembrarlos en partes sencillas en las que cada miembro aporta sus conocimientos para superar los retos (Lee *et al.*, 2013; Yanış & Yürük, 2020).

El ámbito educativo permite acercar este tipo de contenidos al alumnado de una forma progresiva adecuada, partiendo en las primeras etapas de juegos y formas jugadas, en las que por medio de programas diseñados para este entorno podrán adquirir algunos conceptos de programación sin tener que escribir complejas líneas de código (Baytak & Land, 2011; Di Lieto *et al.*, 2017). En cursos superiores la tendencia generalizada es trabajar con lenguajes de programación concretos, donde se pueden desarrollar prototipos más complejos (Sáez López, 2019).

2.2.1. Algoritmos

El principio fundamental que siguen los ordenadores y los robots no es otro que seguir una lista de instrucciones que permiten llevar a cabo operaciones como buscar, ordenar y enviar información. Estas instrucciones deben seguir unas normas de estructura que facilitan y optimizan el funcionamiento, especialmente cuando el volumen de datos y de información es amplio.

Los algoritmos son los conjuntos de instrucciones organizados para llevar a cabo una tarea. En el ámbito de la robótica educativa son la consecución de órdenes y normas que se le transmiten al dispositivo para que realice alguna acción determinada. En base al número de sensores y de actuadores y las acciones que debe hacer, deberá contar con unos algoritmos más sencillos o más complejos.

A nivel educativo existen varias categorías con los que se pueden trabajar distintos aspectos propios de la programación y la robótica:

- **Control de bucles.** Se trata de aquellos destinados a automatizar procesos que se repiten en el tiempo. Permiten optimizar muchos recursos, puesto que evitan que existan muchas líneas de código y por tanto mejoran la velocidad.
- **Control condicional.** Dan la posibilidad de que los sistemas tomen decisiones en función de las características del entorno o de las respuestas recibidas. Constituyen uno de los grupos de algoritmos más importantes en el ámbito de la robótica.
- **Control de eventos.** Responden a órdenes que produce el robot, habitualmente en relación con la activación o recepción de algunos valores de los sensores.
- **Control secuencial.** Básicamente ejecutan tareas sencillas con un orden determinado.
- **Control de sensores y actuadores específicos.** En este bloque se engloban aquellos algoritmos que permiten realizar acciones concretas como por ejemplo la planificación de trayectorias, el mapeo y localización, la visión artificial, etc. Este bloque es el más extenso y el que está en continua evolución puesto que la Industria invierte muchos recursos económicos para investigar nuevos prototipos.
- **Comunicación y trabajo conjunto.** También llamada inteligencia en enjambre, hace referencia al trabajo de grupos de robots con un objetivo común, llevando a cabo tareas coordinadas en las que cada dispositivo tiene una responsabilidad concreta.
- **Mejora y optimización.** Es un grupo indefinido destinado a mejorar los procesos con el objetivo de aumentar la velocidad de respuesta. Se trata de los más complejos porque exigen estrategias concretas y una formación de los usuarios avanzada. La AI tiene un papel cada vez más destacado en este conjunto.

La existencia de estos tipos de algoritmos permite al alumnado estructurar su pensamiento lógico y secuencial, debiendo entender cómo funcionan las máquinas para encontrar respuesta a los problemas planteados. Esto fomenta el pensamiento crítico, puesto que cada acción de los prototipos exige ineludiblemente la búsqueda de soluciones basadas en la programación. Esto va a crear unas bases adecuadas en los jóvenes que permitirán seguir avanzando en lenguajes de programación más avanzados en el futuro.

Cuando se diseñan algoritmos es preciso usar la creatividad y buscar la mejor respuesta. Exige, sin duda alguna, que los jóvenes deban probar distintas opciones hasta conseguir que todo funcione adecuadamente, debiendo depurar habitualmente las distintas soluciones presentadas. Los jóvenes deben tener altos niveles de perseverancia, especialmente si las acciones a realizar tienen gran complejidad.

Normalmente los esfuerzos están centrados en la resolución de problemas de la vida real, aspectos que motivan a los estudiantes a utilizar todos sus conocimientos en esas labores. El desarrollo de buenos algoritmos exige utilizar algunos principios matemáticos y físicos, especialmente los relacionados con las áreas y espacios, así como apoyarse en otros compañeros, preparándolos para desafíos profesionales en el futuro.

Es frecuente que el alumnado no consiga programar de forma adecuada y se vea desmotivado por la alta dificultad que implica, encontrándose errores de sintaxis que imposibilitan que se produzca una interpretación adecuada por parte del prototipo, ya sea por mostrar lógica defectuosa como interpretaciones erróneas de las distintas respuestas de los sensores o actuadores. Otras veces los problemas surgen de las propias plataformas que tienen limitaciones y no permiten desarrollar alguna de las ideas de los proyectos.

En definitiva, los algoritmos son una forma de trabajo muy adecuada para el fomento de diversas capacidades del alumnado, permitiendo el desarrollo de habilidades concretas en nuestros alumnos mediante el aprendizaje activo, abordando problemas complejos descomponiéndolos en otros más básicos, colaborando con otras personas y alcanzando unas bases para trabajos futuros.

2.2.2. Pensamiento computacional desenchufado (unplugged)

Se trata de una herramienta que permite la adquisición de conceptos computacionales básicos sin el uso de los ordenadores. Es un modelo de enseñanza y aprendizaje sencillo en el que el alumnado más joven debe simular el funcionamiento de los equipos informáticos procesando bloques de información (Brennan & Resnick, 2012; Ching *et al.*, 2018).

Es un sistema de trabajo que se encuentra entre aprendizajes abstractos y aplicados, tendiendo puentes entre ambos métodos y desarrollando distintas habilidades que contribuirán a la preparación integral de los alumnos para la resolución de problemas propios del presente siglo (García Peñalvo & Mendes, 2018; Romero *et al.*, 2017).

Trabajar con pensamiento computacional implica que se construyan algoritmos de actividades cotidianas de forma secuenciada, reconociendo patrones (Chen *et al.*, 2017). Esto les permite también completar retos complejos desglosándolos en tareas más simples.

Existen cuatro fases principales que se deben completar cuando se utiliza esta metodología de trabajo (González González, 2019):

- **Descomposición de las tareas complejas** en otras más sencillas y asequibles para el alumnado más joven.
- **Identificación de patrones o acciones repetitivas**, de tal forma que cuando se desglosen se puedan organizar por bloques de trabajo.
- **Localización de información importante**, descartando otra que carece de interés para el objetivo de la tarea planteada.
- **Desarrollar los algoritmos**, buscando soluciones sencillas y directas que se verán reflejadas cuando se lleven al ámbito de la programación con respuestas mucho más cortas y acciones a mayor velocidad.

Al tratarse de tareas que no requieren de la existencia de equipos informáticos para ser llevadas a cabo, las barreras existentes para el acceso a los dispositivos desaparecen, universalizando la enseñanza. Se pueden realizar en cualquier lugar con material escaso y teniendo la posibilidad de adaptarlo a todos los niveles y dificultades (Guanhua *et al.*, 2017). En múltiples ocasiones se pueden trabajar los contenidos mediante formas jugadas que los más jóvenes asumen con alegría y compromiso (Voogt *et al.*, 2015).

En función de la dificultad del reto se puede hacer un trabajo colaborativo en el que a través de la división y la simplificación los jóvenes trabajen buscando un logro común mejorando además las habilidades sociales (Grover & Pea, 2013). Frecuentemente se requiere de soluciones innovadoras y creativas, experimentando con nuevas ideas aportadas por los distintos miembros. Esto prepara a los estudiantes para estar foados y abordar situaciones del mundo real (Wing, 2006).

El pensamiento computacional desenchufado permite un nivel de adaptación muy elevado a las realidades de los distintos estudiantes, sin que el lenguaje o las costumbres lleguen a ser factores limitantes, lo que implica que la inclusividad de todos los miembros de la comunidad es completa (Sengupta *et al.*, 2013; Tang *et al.*, 2020).

Pero esta metodología puede llevar asociados algunos aspectos negativos, como es la carencia en el uso de dispositivos y la desconexión del mundo real, en tanto que hay estudiantes que no logran encontrar el enlace entre esta forma de trabajo y su relación con el software de los distintos robots y prototipos (Buitrago *et al.*, 2017; Lee & Lee, 2021).

Frecuentemente se puede llegar a observar cierta falta de motivación en los jóvenes ya que la ausencia de dispositivos tecnológicos puede conllevar que no muestren los mismos niveles de atención ni de compromiso (Ma *et al.*, 2021; Relkin *et al.*, 2021).

El pensamiento computacional desenchufado permite, por tanto, construir algoritmos de forma generalizada donde nadie tiene problemas por su acceso, destacando que es un

sistema para desarrollar capacidades donde los estudiantes deben pensar, analizar y resolver los retos que se le plantean, especialmente aquellos relacionados con la realidad.

2.2.3. La codificación en contextos educativos

En una sociedad en la que la tecnología ocupa un lugar destacado y en la que los jóvenes están completamente rodeados de dispositivos que los mantienen en contacto, la robótica educativa y la codificación son dos herramientas muy potentes tanto para el alumnado como para los docentes. La codificación puede llegar a ser uno de los pilares básicos para conseguir un cambio metodológico en el ámbito educativo, fomentando en los estudiantes pensamiento crítico y creatividad en contextos grupales (Arfé *et al.*, 2020).

La codificación es el proceso por el que se generan las instrucciones u órdenes necesarias para que los robots o los dispositivos digitales puedan cumplir con sus funciones. A nivel educativo implica el desarrollo de algunas habilidades en el pensamiento computacional (Bers *et al.*, 2017).

Con la codificación se produce un cambio en la interacción de los jóvenes con los aparatos tecnológicos, pasando de ser únicamente usuarios a ser pequeños creadores controlando las acciones de algunos prototipos. Esto conlleva aprendizajes significativos ya que aplicando sus conocimientos en situaciones reales son capaces de solucionar retos diversos (Miranda Pinto, 2016).

Es un buen método para el aprendizaje de conceptos matemáticos y científicos de una forma efectiva, creando una base conceptual adecuada para solucionar problemas y situaciones complejas. Sirve también para trabajar otras disciplinas, desarrollando habilidades colaborativas y de comunicación, fundamentales en la sociedad actual.

Las habilidades en codificación constituyen un elemento fundamental en las sociedades modernas, ya que aquellas personas que saben programar entienden de una forma más profunda el funcionamiento de los distintos dispositivos que nos rodean. Es una forma de mejorar la capacidad de abstracción y de fomentar un pensamiento estructurado, fundamentales para estar preparados para los retos presentes.

Tal y como ocurre en el uso de otras metodologías que exigen recursos materiales para llevarlas a cabo, la programación requiere de equipos informáticos u otras herramientas que en ocasiones no están disponibles por parte de los usuarios. Esto puede llevar a que la brecha digital entre los jóvenes sea grande (Bers, 2012).

Otro aspecto que hay que tener en cuenta es el nivel de actualización del currículo, ya que la tecnología avanza a gran velocidad y el uso de algunos programas educativos puede quedar anticuado antes de que se lleve una implementación completa. Esto es un

elemento a tener en cuenta, puesto que exige a los docentes un nivel de conocimiento de las novedades muy importante. Igualmente es fundamental ser crítico con los lenguajes de programación que se enseñan en el aula porque frecuentemente se seleccionan aquellos más comerciales, dejando de lado otros con aplicaciones directas sobre los estudiantes más específicas (Caci *et al.*, 2013).

2.2.4. Programación en bloques

La programación en bloques es una forma exitosa que permite a usuarios de todos los niveles conseguir completar algoritmos mediante el uso de sencillas conexiones en forma de bloque o ladrillos. Detrás de cada uno de los bloques existe alguna instrucción, de tal forma que cuando se encajan de forma adecuada es posible conseguir un programa que realice alguna acción determinada.

Es una metodología que evita los sistemas de programación tradicionales basados en múltiples líneas de texto que exigen un nivel de conocimiento de los distintos lenguajes elevado. Al encajar las distintas piezas, que normalmente se distinguen por colores, es posible crear disciplinas lógicas (Kwon *et al.*, 2012) (ver figura 22).

Figura 22. Ejemplo de distintos bloques de programación.



La principal ventaja que tiene el uso de estos sistemas está en que simplifica labores antiguamente reservadas a sujetos que dominaban complejos lenguajes y que limitaban el número de usuarios de este tipo de tecnologías. Los propios programas, ya sean para trabajar de forma local como en la nube, reducen errores de codificación, prohibiendo unir piezas no compatibles. La base conceptual que subyace es el desarrollo del pensamiento computacional y ya no de la técnica de programación. En caso de abordar labores complejas el estudiante puede descomponerlos en patrones más sencillos (Luxon Really, 2016; Sáez López *et al.*, 2021).

La programación en bloques fomenta el trabajo por proyectos ya que se puede asignar a los estudiantes, en trabajos tanto individuales como grupales, la realización de retos de distinta complejidad en la que cada uno debe aportar parte de la solución del problema. Se fomenta, por tanto, el trabajo basado en la práctica consiguiendo realizar desde sencillos juegos hasta robots con tareas complejas (Bers, 2018; Sáez López & Cozar Gutiérrez, 2017).

Puede servir también para llevar a cabo pruebas rápidas y sencillas en prototipos antes de implementar y desarrollar programas definitivos que requieren de mayor tiempo.

Cada vez existen más plataformas con un acceso simple donde los jóvenes creadores pueden compartir algunos de sus trabajos con otros miembros de la comunidad. Se basa en aprendizaje constructivista generando un tejido asociativo importante donde cada uno puede consultar las soluciones que otras personas le dan a esas situaciones.

Este tipo de programación puede llegar a crear una cierta dependencia de los entornos visuales, lo que podría alejar a los jóvenes de los conceptos más concretos de la programación, lo que sugiere pensar que un equilibrio entre ambas metodologías puede ser lo adecuado para los estudiantes. En otro sentido, para conseguir un completo control sobre los dispositivos es necesario utilizar el sistema tradicional, puesto que los ladrillos tienen funciones estandarizadas que no se ajustan a todas las situaciones (Bers *et al.*, 2014; Yang *et al.*, 2022).

La inteligencia artificial está jugando un papel importante en las plataformas de programación con bloques. Está facilitando a los usuarios la realización de tareas fundamentales en la programación, tal y como se muestra a continuación (Çakiroğlu & Çevik, 2022; Resnick *et al.*, 2009):

- **Desarrollar la práctica computacional de los estudiantes**, el diseño y el desempeño en la resolución de problemas a través de un entorno de programación visual (Chao, 2016).
- **Comparación de actividades de programación orientada a objetos y de robots**. Los efectos de la modalidad de programación en el rendimiento, la abstracción, la resolución de problemas y la motivación de los estudiantes (Çınar & Tüzün, 2021; Mannila *et al.*, 2014).
- **Aprendizaje activo mediante programación visual**. Las nuevas perspectivas pedagógicas permiten a los profesores generar código de forma constructivista con implicaciones en las estrategias de enseñanza reales y en los artefactos de programación de los estudiantes (Kesler *et al.*, 2022; Maloney *et al.*, 2008).

2.3. Recursos para programar robots en el contexto educativo

La cantidad de recursos existentes para la programación de robots y otros dispositivos electrónicos crece a una velocidad vertiginosa, siendo muy complicado estar al corriente de todas las posibilidades que ofrece el mercado y los distintos laboratorios tecnológicos. Cabe destacar que el ámbito STEAM está en pleno desarrollo y que la Industria destina importantes recursos económicos a la creación de nuevos productos (Chevalier *et al.*, 2022).

En el ámbito educativo aparecen cada vez más opciones que el profesorado puede utilizar con sus estudiantes, adaptando las herramientas de forma concreta a las características del alumnado y a la dotación material del centro (Kong *et al.*, 2020).

2.3.1. Plataformas de programación

La tendencia actual en el contexto educativo es el trabajo usando plataformas, que permiten a los usuarios trabajar en entornos totalmente actualizados y beneficiarse de las actualizaciones que los distintos desarrolladores incorporan a sus herramientas (Colín, 2020; Rodríguez Martínez *et al.*, 2019).

A continuación se presentan una serie de sistemas que permiten el desarrollo de programas, ya sea desde una vertiente más visual y moderna hasta otras que exigen líneas de código con un perfil más tradicional (Burlison *et al.*, 2017).

2.3.1.1. Arduino Education

Se trata de una de las herramientas más potentes y extendidas en el ámbito educativo, particularmente en la Educación Secundaria. Es un ecosistema digital que incluye la posibilidad de programar tanto en línea como en modo local.

Una de las principales ventajas que ofrece es la accesibilidad que tiene ya que es posible utilizar unos servicios muy potentes de forma gratuita. Además es compatible con muchos microcontroladores, tanto originales como de otros fabricantes. Dispone de un completo foro en el que la comunidad de programadores comparten sus creaciones y dan soporte a otros usuarios (Vona & Shekar, 2013).

Su versión en la nube permite programar sin disponer de ningún dispositivo, verificar si la codificación es correcta y si se ha cometido algún error de sintaxis.

2.3.1.2.Code.org

Es una plataforma formativa que nace con una ambición muy concreta de Hadi Partovi, su creador, que es “Hacer que la educación en informática sea accesible para todos los estudiantes en todo el mundo”. Siguiendo esta filosofía altruista consiguió llevar la programación a todos los rincones del planeta.

De forma gratuita, code.org tiene la posibilidad de realizar aprendizajes basados en lecciones creadas con una progresión lógica de aprendizaje donde alumnos y docentes pueden ver los avances alcanzados por cada usuario. Posiblemente cumpla con los estándares de calidad más sólidos para que constituya el sistema de aprendizaje autodidacta futuro.

Code.org está íntimamente ligado al movimiento Hour of Code, que promueve la dedicación de una hora al aprendizaje de la programación y tecnología.

2.3.1.3.Codecademy

Es una herramienta que permite realizar cursos on line sobre una gran variedad de lenguajes de programación. Al poder aprender de forma autónoma y autodidacta, está desempeñando un papel destacado en la programación y control de herramientas tecnológicas. La plataforma posibilita recibir lecciones complementadas con vídeos, ejemplos y ejercicios diversos. El estudiante recibe un feedback inmediato que le permite llevar a cabo los ajustes necesarios y por tanto completar un aprendizaje efectivo.

Al tratarse de un medio para aprender basado en situaciones puramente prácticas, los usuarios tendrán que, además de abordar aprendizajes más teóricos, resolver problemas propios de la vida real utilizando para ello la creatividad.

Otro aspecto destacable y común en la mayoría de soportes, es la comunidad activa de estudiantes que participan en la resolución de dudas, en el planteamiento de nuevos retos y en la realización de colaboraciones entre los miembros.

2.3.1.4. Google for Education

Es un nuevo producto de Google que pretende revolucionar el sistema de enseñanza y aprendizaje adaptándolo a las necesidades propias del s.XXI, facilitando a los estudiantes el acceso a la información, consiguiendo mejorar las aulas de todo el mundo. El elemento más importante es G Suite que incluye una serie de herramientas que permiten el trabajo simultáneo de forma colaborativa. Google classroom es una plataforma de gestión que posibilita la gestión de las aulas y de los contenidos en línea. Es compatible con muchos recursos externos, aspecto que le dota de enorme versatilidad entre los educadores.

Todo esto permite tener experiencias de aprendizaje novedosas y acordes con las necesidades propias de la sociedad actual. Entre otras, permite compartir documentos, programas y otros recursos entre los usuarios, además de poder desarrollar nuevos productos de forma totalmente colaborativa.

2.3.1.5. LEGO Education

La rama LEGO Education tiene como objetivo conseguir aprendizajes basados en el juego y las posibilidades creativas de los niños y jóvenes. Está basada en aspectos STEAM con el software Mindstorm como producto base. Permite crear y construir prototipos utilizando los ladrillos básicos de la marca. Los límites en la fabricación los pone la propia creatividad de los usuarios.

Existe una versión adaptada a los niños llamada LEGO WeDo, que por su simpleza se adapta adecuadamente a los pequeños que se inician en la programación de robots más básica.

2.3.1.6. Scratch

Es sin duda la herramienta que revolucionó la robótica educativa, especialmente porque trasladó el antiguo sistema de programación a otro visual dirigido por bloques con los que el alumnado programa sin ver ni una sola línea de código. Está basado en el pensamiento computacional donde cada uno debe generar órdenes lógicas secuenciadas para que los prototipos ejecuten las acciones establecidas (Dohn, 2020).

La comunidad de usuarios de esta plataforma es cada vez más elevada, generándose lecciones y otro material disponible para los docentes de alta calidad. Tiene la posibilidad de ser utilizada sin disponer de ningún robot, únicamente con los recursos en pantalla, lo que convierte a Scratch en una posibilidad óptima para centros educativos con menos

recursos. Este sistema ha vivido muchas evoluciones y muchas plataformas se han basado en esta tecnología para desarrollar productos propios.

2.3.1.7. Makeblock

Es un programa diseñado inicialmente para el trabajo en local, lo que exige descargar e instalar en los ordenadores el software. Está basado en Scratch y permite una programación dual, tanto usando bloques como escribiendo líneas de código en lenguaje C. Tiene la posibilidad de instalar diversas librerías específicas para los dispositivos de la marca que están basados en el microchip ATmega328P.

Es un producto muy recomendable para el alumnado de Educación Secundaria, puesto que dispone de enorme potencialidad originada por los diferentes dispositivos de entrada y salida que pueden ser configurados, pudiendo llegar a fabricar prototipos realmente complejos y potentes.

La empresa está volcando parte de sus recursos al desarrollo de aplicaciones para móviles, pudiendo utilizar los teléfonos para el control de los kits de robótica y otras creaciones de los jóvenes estudiantes.

2.3.1.8. MIT App Inventor

Quizás una de las plataformas que disponen de más recorrido en los centros educativos, está diseñada para la creación y prueba de aplicaciones en tablets y terminales móviles (Kochlan & Hodon, 2014). El Instituto de Tecnología de Massachusetts forjó una plataforma accesible que cada vez alcanza mayores niveles de popularidad.

Sigue el sistema de programación por bloques tanto a nivel de componentes como de funciones. Se debe trabajar en dos niveles: el gráfico, que realmente es lo que los usuarios verán en la pantalla de sus dispositivos y el funcionamiento, debiendo dotar de acciones los distintos recursos. La fortaleza de MIT APP Inventor está en la enorme cantidad de componentes que contiene, incluyendo botones, sensores, etiquetas, listas, etc., que aumentan con la aparición de nuevas posibilidades tecnológicas.

La plataforma dispone de un visor en tiempo real que permite a los programadores ir valorando las evoluciones de su producto, permitiendo hacer las correcciones oportunas antes de lanzar la aplicación final. Esto funciona como un emulador de Android, posibilitando llevar a cabo una correcta depuración.

2.3.1.9. Ozobot Classroom

Es otra plataforma innovadora que tiene como paradigma el aprendizaje de programación y robótica de forma divertida y lúdica. Nace con la idea de crear robots para que enseñen los principios de programación a los estudiantes, idea que fue evolucionando hasta lo existente en la actualidad que es una formación más concreta en el aula.

La plataforma está íntimamente ligada a los robots Ozobot, pequeños aparatos que pueden seguir líneas y hacer otros movimientos sencillos. Para su programación existe una interfaz visual que basa su funcionamiento en bloques. Cuenta con lecciones y otros recursos que facilitan el aprendizaje de los alumnos.

2.3.1.10. Robot Mesh y Robot Virtual Words

Son dos editores visuales on line que permiten realizar la programación de productos de VEX y LEGO y que basan su funcionamiento en bloques. Permiten crear circuitos, laberintos y pequeñas construcciones que los propios prototipos deben recorrer. Para ello cuentan con una serie de recursos que dotan de mayor potencia las creaciones. Robot Mesh dispone además de un software para la realización de diagramas de flujo, habitualmente utilizados en la labores de programación.

2.3.1.11. Tinkercad

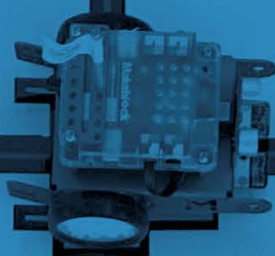
Aunque es una plataforma diseñada inicialmente para acercar a todos los estudiantes al diseño en 3D, ha ido evolucionando y en la actualidad permite también realizar pequeños diseños basados en contenidos STEAM. Es posible trabajar de forma colaborativa en línea, compartiendo creaciones e importando nuevos objetos que aumentan la potencia de Tinkercad (Koorse *et al.*, 2015).

Está basado en el aprendizaje puramente práctico donde los alumnos aprenden haciendo nuevas creaciones, diseñando nuevos prototipos y sobre todo permitiendo dar solución a problemas de la vida real. Esto permite exportar los archivos realizados con distintas extensiones que se adaptan a múltiples dispositivos.

2.3.1.12.VEX Robotics

VEX Robotics es una plataforma tanto de aprendizaje como de competición donde los estudiantes pueden tener aprendizajes prácticos con ayuda de los distintos kits de construcción de los que dispone la empresa. Se presentan una serie de desafíos que ponen a prueba los conocimientos de los jóvenes. Cuenta además con guías de construcción y tutoriales que facilitan los procesos constructivos. De forma totalmente práctica, es un instrumento muy válido para el trabajo de programación, especialmente en lenguajes como Blockly y Python.

3



ENSEÑANZA DE LAS COORDENADAS CARTESIANAS EN MATEMÁTICAS A TRAVÉS DE LA ROBÓTICA

ROGELIO BUCETA OTERO



UNED

Escuela
Internacional
de Doctorado
EIDUNED



3.1. Enseñanza tradicional vs nuevas tecnologías

La pedagogía tiene un debate abierto desde hace muchos años sobre cuál es la mejor metodología en el proceso de enseñanza aprendizaje. Existen múltiples estudios sobre ello y no hay unanimidad que apunte a un único método que sea válido y universal para todas las situaciones, por lo que es adecuado combinar las mejores propiedades de cada uno para conseguir una enseñanza de calidad. El uso de dispositivos tecnológicos está asociado a nuevas formas de trabajo, a nuevos sistemas de enseñanza más modernos y contemporáneos (Yang *et al.*, 2020).

A continuación se presentan algunas de las diferencias y similitudes de ambos métodos, analizando los principales elementos que intervienen en la docencia:

- **El alumnado** en los métodos tradicionales es un sujeto pasivo en el que únicamente recibe instrucción y que se limita a memorizar conceptos. Las lecciones están preestablecidas y todos los sujetos reciben la misma instrucción, sin haber ningún tipo de diferenciación entre ellos. En las metodologías con el apoyo de nuevas tecnologías el alumnado pasa a ser el centro del proceso y se basa en el trabajo con base práctica en el que se tratan especialmente problemas de la vida real. Cada uno evoluciona a su ritmo, adquiriendo conocimientos de una forma mucho más efectiva.
- **El profesorado** también cambia sustancialmente, puesto que es inicialmente el centro del proceso en las enseñanzas tradicionales en las que utiliza fundamentalmente métodos directivos dando mucha importancia a los contenidos y su transmisión. Las nuevas tecnologías exigen un profesor guía que presenta el material perfectamente curado a su alumnado. Su actuación se basa en la facilitación de nuevos retos y en la conducción a lo largo del proceso.
- **La evaluación** presenta también unas diferencias notables en las que en la enseñanza tradicional habitualmente se realiza mediante pruebas de rendimiento como exámenes y pruebas escritas iguales para todos los estudiantes. Normalmente se responde a cuestiones memorísticas en las que el alumnado debe repetir los contenidos de las lecciones impartidas de forma magistral. En las nuevas tecnologías el proceso es la base de la evaluación, valorando los progresos individuales que se producen en cada uno de los jóvenes.
- **Las fuentes de conocimiento** en los métodos tradicionales parten de las enciclopedias, los libros y las bibliotecas, destacando ciertos contenidos aceptados como básicos que deben ser aprendidos por todos los estudiantes por igual. En el caso de las nuevas tecnologías cada estudiante aprenderá los contenidos que precise y en este caso el conocimiento se adquirirá además por otros medios,

especialmente multimedia, como la televisión, Internet o la radio, así como en los libros.

- El tipo de aprendizaje es fragmentado en el caso de las metodologías tradicionales, dividiendo los contenidos para poder entenderlos en su totalidad, mientras que las nuevas tecnologías abordan la realidad desde un punto de vista global, concibiendo que los jóvenes deben aprender a solucionar los problemas reales de una forma general y amplia que le da sentido al aprendizaje.

Estas diferencias constituyen un verdadero reto en el sistema educativo, puesto que requieren que todos los factores implicados en el proceso de enseñanza y aprendizaje adapten su forma de trabajo y conduzcan sus esfuerzos hacia las tendencias futuras.

3.2. Justificación del uso de robots en la enseñanza de coordenadas en matemáticas

El uso de robots está adquiriendo cada vez más importancia en el ámbito educativo, probablemente por los esfuerzos que se están destinando en la promoción de todas las áreas relacionadas con el STEAM. Son cada vez más los docentes que utilizan las nuevas tecnologías en sus clases de forma habitual y también los que actualizan sus conocimientos teniendo en cuenta las últimas novedades que están disponibles (Misirli & Komis, 2014).

Los robots educativos presentan enormes posibilidades para los docentes, pudiendo adaptar sus funcionamientos a los requerimientos concretos de cada una de las materias. Es importante destacar que los fabricantes diseñan cada vez más complementos específicos que contribuyen al desarrollo de las distintas capacidades del alumnado, pudiendo completar algunos kits comerciales con estos materiales que dotan de muchas posibilidades a los distintos dispositivos (Yang *et al.*, 2020).

Las plataformas destinadas a la programación han vivido una evolución notable adaptándose a las necesidades concretas de cada uno de los estudiantes permitiendo desarrollar nuevos algoritmos de niveles y dificultades diversas.

El uso de los robots en la materia de matemáticas ofrece nuevas oportunidades en el proceso de enseñanza y aprendizaje, puesto que además de trabajar contenidos específicos de una forma más motivante para los alumnos, también contribuye al desarrollo de habilidades necesarias para la vida actual. Propone nuevas formas de aprendizaje interactivo donde la aplicación práctica de los distintos conocimientos matemáticos constituye el funcionamiento más esencial.

Los robots educativos contribuyen a la adquisición de conceptos abstractos que con frecuencia suponen un esfuerzo extra para los más jóvenes. Por medio de esos dispositivos el alumnado consigue tener una mejor visualización y concreción. Cabe destacar que es una herramienta ideal para el trabajo de ejercicios de geometría, donde comprender el significado de las áreas, perímetros, etc. se hace más evidente. Permite el trabajo en equipo, donde cada miembro contribuye a solucionar parte del ejercicio propuesto (Denner *et al.*, 2021).

La manipulación de robots fomenta un aprendizaje activo basado en la práctica y la experiencia con la que se desarrollan habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico. Esto logra en muchas ocasiones despertar la curiosidad y creatividad de los aprendices, abordando las cuestiones matemáticas de una forma más estimulante. Los estudiantes muestran mayores niveles de motivación cuando se utilizan dispositivos como complemento a las sesiones con carácter más teórico (Wyeth, 2008).

El álgebra es un contenido más accesible si se analizan los movimientos de los robots, desarrollando ecuaciones y funciones que explican los comportamientos. También permiten recopilar datos para ser analizados con posterioridad. No obstante, aunque en general los estudios realizados sobre la utilización de robots en el ámbito educativo recogen que los niveles de motivación y actividad por parte de los estudiantes es más elevada, hay algunos que no encuentran beneficios notables en su uso (Zhong & Xia, 2018).

Además de los beneficios propios del trabajo con robot, la preparación de los estudiantes para el mercado laboral futuro constituye otro elemento esencial que facilita que haya un mayor número de docentes que opten por el uso de este tipo de tecnologías (González González *et al.*, 2019).

Cabe destacar que las nuevas tendencias en las metodologías educativas apuntan a que exista una adaptación del ritmo de aprendizaje de una forma individual, de tal forma que cada uno aprenda a su velocidad, llevando un desarrollo personal y concreto (Hoffman *et al.*, 2015).

Se trata, por tanto, de una forma clara para modernizar los aprendizajes, de transformar los sistemas de trabajo en el aula y de conseguir despertar la atención de los estudiantes con lo que se pueden mejorar sus rendimientos preparando al sujeto para el futuro de una forma integral y más completa. Es probable además que los dispositivos y plataformas de programación sigan evolucionando, dotando de unos recursos potentes al ámbito matemático (Jung & Won, 2018).

3.3. Estrategias para integrar la robótica en el currículo escolar

La integración de la robótica en el currículo escolar no es una tarea sencilla, puesto que exige elaborar estrategias concretas y bien definidas por parte de los miembros de la comunidad educativa. Se deben abordar los aspectos importantes que afectan al éxito de las acciones, teniendo en cuenta las posibles contingencias que puedan surgir.

A nivel de material e infraestructura, uno de los elementos inicialmente más complicados de abordar especialmente por el precio que tienen los dispositivos tecnológicos, es fundamental utilizar instrumentos económicos tanto en la adquisición como en el mantenimiento (Barreto & Benitti, 2012). Es fundamental hacer una planificación a largo plazo y contar en ella con planes para reparar las averías.

También es recomendable el uso de software libre para las necesidades propias del aula, ya que además la versión instalable inicial como las actualizaciones no supondrán una carga económica adicional para los centros educativos. Si se dispone de una conexión a Internet de calidad se recomienda también el uso de plataformas on line que permiten continuar con las tareas en varios lugares, sin depender exclusivamente de un ordenador concreto (Caci *et al.*, 2013).

Los espacios de almacenaje, las mesas y otros muebles de las aulas deben estar correctamente distribuidos, asegurando que las conexiones eléctricas están protegidas y exentas de ser arrancadas o rotas por golpes o tirones incontrolados. Cuando las zonas incluyen ordenadores de sobremesa se recomienda disponer de unos anclajes adecuados, especialmente en aquellos lugares que disponen de conexiones de datos cableadas.

A nivel de formación del profesorado también hay que tener en cuenta que los docentes que quieren utilizar kits de robótica con sus estudiantes deben contar con una formación adecuada. Esto está siendo ya una prioridad en las ofertas formativas, pero debe promoverse de una manera más extendida. Es fundamental que se disponga de un conocimiento adecuado para no fracasar en el uso de metodologías innovadoras novedosas para la mayoría de los educadores. Deben existir comunidades educativas concretas en las que se faciliten recursos educativos determinados, donde haya la posibilidad de preguntar las dudas específicas y de presentar a otros los avances conseguidos generando un tejido asociativo básico.

A nivel curricular se deben llevar a cabo varias actuaciones tanto a nivel de centro como de los propios especialistas. Un buen análisis de la situación de partida en el que se reflejen las realidades concretas, la disposición temporal, los objetivos y contenidos que

se quieren trabajar, etc. es fundamental para llevar a cabo acciones eficaces. Es preciso revisar de manera integral el Plan de Centro valorando realmente cómo se quiere trabajar y los cambios que son necesarios para una transformación metodológica adecuada. Se tiene que dotar de una carga horaria suficiente y para ello es muy recomendable ofertar materias optativas relacionadas con la robótica (Sisman *et al.*, 2019).

Se deben mantener los principios de progresión en la enseñanza, distribuyendo la carga horaria y los contenidos de forma gradual, de tal forma que los estudiantes de los primeros cursos dispongan de retos sencillos y los más mayores aborden complejidades más avanzadas.

A nivel metodológico implica una adaptación total en la forma de abordar las sesiones, ya que el docente debe actuar como guía y conductor, debiendo haber realizado una curación de contenido previa que le exige una dedicación temporal importante. Además, los espacios y ritmo del alumnado deben estar distribuidos de forma diferente para fomentar la creatividad y el trabajo en equipo. Es por ello que los esfuerzos para cambiar las formas de trabajar por parte de los profesores son notablemente mayores. Se debe premiar el trabajo grupal y si es posible generar comunidades de aprendizaje entre los estudiantes.

La evaluación también debe modificarse ya que el proceso pasa a ser el núcleo importante, dejando en un segundo plano un resultado que aunque en algunos proyectos cobra importancia, la mayoría de los esfuerzos deben estar centrados en el camino que siguen los estudiantes.

3.4. Desarrollo de habilidades a través de la robótica en el área de matemáticas

La utilización de robots en el área de matemáticas contribuye al desarrollo de diversas habilidades que ayudan al sujeto no solo a adquirir nociones propias de la materia, también a promover otras que hacen que se conforme globalmente como un todo.

Uno de los principales aspectos a tener en cuenta es que el estudiante consigue estructurar su pensamiento llevando a cabo aprendizajes activos (Sáez *et al.*, 2021), puesto que exige una participación directa y eminentemente práctica en sus estudios. Se lleva a cabo un cambio metodológico importante donde ya no es fundamental memorizar los conceptos matemáticos tradicionales, sino que se exige un análisis más profundo de las situaciones con aplicación real. Con el uso de los robots se consiguen asociar las cuestiones más abstractas con situaciones prácticas, pudiendo conseguir aprendizajes significativos a largo plazo.

La comprensión de los conceptos computacionales y de la base matemática necesaria para realizar algoritmos mejora notablemente, puesto que mediante tareas con base lúdica pueden llegar a asimilar contenidos abstractos (Zhang *et al.*, 2021). El alumnado puede visualizar de manera práctica los efectos de elegir una estrategia cuando programa los robots. Es una manera de entender qué son los bucles, arrays, condicionales y otros elementos básicos en el control de dispositivos de forma totalmente aplicada (Romero *et al.*, 2017). Pueden llegar a crear una base para aquellas personas que decidan realizar carreras relacionadas con algunos ámbitos del STEAM. La ludificación permite, tal y como recogen algunos estudios, llevar a cabo un aprendizaje a largo plazo, a adquirir las bases del conocimiento mediante el juego en sus diversas presentaciones (Roy *et al.*, 2015). Es el camino para conseguir que los jóvenes estudiantes sean partícipes de su formación. Frecuentemente supone una estimulación extra para llevar a cabo acercamientos a las materias relacionadas con la tecnología.

El alumnado desarrolla estrategias personales para la resolución de problemas, puesto que con las metodologías utilizadas con las nuevas tecnologías se estimula la creatividad y la búsqueda de nuevas estrategias para encontrar respuesta a los retos reales de carácter práctico. Cabe recordar que los estudiantes pasan a ser el centro del proceso de enseñanza y aprendizaje por lo que se valora principalmente la búsqueda de caminos que lleven al destino final. En este caso es frecuente que se desarrollen los conocimientos matemáticos (Laurent *et al.*, 2022; Sáez López & Sevillano García, 2017). El razonamiento pasa necesariamente por una serie de pasos similares a los llevados a cabo cuando se utilizan robots, llegando además a descomponer los problemas complejos en tareas más sencillas (Níckels & Cullen, 2017). Se favorece por tanto un pensamiento mucho más estructurado y secuenciado, produciéndose en estos casos un desarrollo de la capacidad para tratar la información.

En las situaciones en las que los desafíos tienen un nivel de profundización mayor y las destrezas necesarias son más importantes los estudiantes tienen que trabajar en equipo, colaborando en grupo de tal forma que se lleven a cabo aportaciones individuales, aprendiendo también a respetar las diferencias interpersonales (Arfé *et al.*, 2020). También favorece, el desarrollo de habilidades de comunicación ya que es frecuente tener que exponer ideas al resto de los compañeros.

Con los cambios metodológicos asociados a la utilización de robots y otros aparatos tecnológicos, su utilidad percibida está creciendo en la comunidad educativa. Al tener un funcionamiento basado en cuestiones reales tangibles, los jóvenes reciben una percepción más adecuada de la aplicabilidad de las tareas que realizan (Moreno *et al.*, 2019). En este caso pueden mejorar las competencias que tienen sobre geometría o la trigonometría, optimizando por ejemplo los recorridos que deben llevar los dispositivos para moverse entre distintos puntos. Igualmente, cuando se programa un robot pueden

percibir la relevancia de algunos contenidos de las matemáticas y la tecnología, que en frecuentes ocasiones se asocian a cuestiones excesivamente teóricas con escasa utilidad.

Al tratarse de una forma de trabajo muy atractiva con los estudiantes, los robots educativos generan un entorno muy adecuado para encontrar unas condiciones agradables y menos formales que exigen unos niveles de creatividad e imaginación importantes para la resolución de problemas (Habgood & Ainsworth, 2011; Ucgul & Cagiltay, 2014). La diversión y disfrute aumenta al incorporar dispositivos a nuestra práctica docente y constituye un recurso muy bueno para aumentar la atención de los jóvenes (Resnick, 2017).

3.5. La robótica en la comprensión de conceptos matemáticos

Las metodologías tradicionales empleadas para el aprendizaje de las matemáticas requieren en los aprendices sistemas en los que la repetición y la mecánica en la resolución de los problemas son fundamentales para alcanzar el éxito. Con los cambios metodológicos de los últimos tiempos los estudiantes pasan a ser parte activa del proceso y con la utilización de robots educativos además de instruirse en el área de matemáticas también absorben otros conceptos de forma interdisciplinar (Hamada & Sato, 2012). Esta curiosidad por el conocimiento convierte a los estudiantes en protagonistas de su propia instrucción ya que son constructores de sus propios caminos en función de las capacidades y diferencias concretas de cada uno de ellos (Kucuk & Sisman, 2017).

La robótica permite abordar los nuevos retos de una forma tangible y real, facilitando la adquisición de algunos temas abstractos mediante el juego y la resolución de retos tanto individualmente como en equipo (Caci *et al.*, 2013). Esto es sin duda una de las bases interesantes del uso de dispositivos en el ámbito educativo, puesto que contribuye a la preparación de los jóvenes para el mundo real con cada vez mayores exigencias. Además acerca al alumnado a materias con perfil puramente tecnológico, de alta demanda en el mercado laboral (Llorens *et al.*, 2017). Es fundamental que exista una adaptación del currículo a las demandas y necesidades de la industria, puesto que es un sector que genera unas importantes salidas profesionales.

3.5.1. Representación de puntos en el plano usando pares ordenados (X,Y)

Los pares ordenados (X,Y) son conceptos matemáticos básicos que tienen un papel muy destacado en áreas como el cálculo, la geometría y el álgebra. Forman parte de un sistema que se utiliza frecuentemente para determinar los distintos puntos del plano, las distintas ubicaciones. Estos planos bidimensionales están divididos mediante dos rectas perpendiculares llamadas ejes de coordenadas, denominando eje X al horizontal y eje Y al vertical. La representación de los puntos se lleva a cabo con dos números, indicando el primero los valores del eje X y el segundo del eje Y. En el primer caso los valores positivos estarán a la derecha y los negativos a la izquierda y en el segundo caso los positivos arriba y los negativos debajo del punto origen (0,0).

El uso de los robots educativos en el proceso de enseñanza y aprendizaje permite a los estudiantes tener una referencia visual y conocer de forma tangible la ubicación de los distintos pares ordenados (Sáez López & Buceta Otero, 2023). Los jóvenes pueden ver cómo se mueven por las distintas áreas en busca de puntos concretos. Los dispositivos se desplazan por el plano de forma lógica, siguiendo las secuencias que se han definido en los códigos y algoritmos. Se trata de una estrategia, por tanto, en la que se trabajan los contenidos de forma práctica (Bernstein & Crowley, 2008).

El alumnado tiene la posibilidad de participar activamente realizando la programación o modificándola, consiguiendo llevar los aparatos a los puntos deseados. Comprenden de ese modo que por medio de instrucciones matemáticas es posible cambiar las respuestas de los dispositivos. Se trabaja paralelamente el pensamiento crítico y la tolerancia a la frustración, ya que frecuentemente no se logran los objetivos con las primeras actuaciones. Es una buena forma de conseguir un trabajo con efectos duraderos en el aprendizaje. Cuando se llevan a cabo trabajos de programación que tienen efectos perceptibles instantáneos, los niveles de motivación aumentan enormemente (Vando *et al.*, 2022). Esto prepara a los sujetos para el futuro, ya no únicamente por cuestiones puramente técnicas, también porque este sistema de enseñanza de ensayo y error facilita la gestión de la frustración mediante la búsqueda de nuevos caminos para solucionar las cuestiones planteadas.

Con la integración de estas nuevas tecnologías se desarrolla la intuición espacial ya que el poder ver de forma real la navegación de los robots en el plano permite desarrollar una percepción del espacio y tiempo adecuada. Las innovaciones consiguen que los estudiantes cambien las ideas que tienen de la materia (Zhou *et al.*, 2017).

Estos mecanismos fomentan que los estudiantes mejoren su confianza y tiendan a llevar a cabo aprendizajes autónomos (Witherspoon *et al.*, 2016). Los dispositivos les ofrecen unas

correcciones inmediatas ya que cuando no responden como estaba previsto existe algún error que debe ser corregido. De esta forma, aunque el proceso tiene un peso fundamental en la evaluación, es muy fácil conocer el producto final puesto que se ve qué hacen y qué dificultad tienen las acciones de los dispositivos. Naturalmente y como resultado del manejo de los robots los jóvenes se preparan para las profesiones emergentes del futuro.

3.5.2. Movimiento a ubicaciones específicas en planos cartesianos utilizando pares ordenados (X,Y)

Los pares ordenados (X,Y) son representaciones de puntos localizados en los planos cartesianos que permiten ubicar de forma numérica precisa cualquier elemento que se desee, teniendo en cuenta la distancia tanto horizontal como vertical al origen del primer y segundo dígito respectivamente. Cada uno solo puede indicar una posición concreta, por lo que se convierte en un sistema apropiado para manejarse en las distintas áreas del plano.

El utilizar robots educativos en las sesiones prácticas de matemáticas llega a tomar un valor propio, ya que se debe programar la trayectoria de cada uno de los dispositivos y estos deben calcular la localización concreta que tienen para poder moverse entre distintos lugares (Nickels & Cullen, 2017). Son varios los sistemas utilizados para la función, pero el más habitual es utilizar el número de giros de las ruedas conociendo su perímetro cuando se usan motores paso a paso. Se aplican las fórmulas adecuadas para calcular la distancia recorrida y aunque no es un sistema demasiado preciso sí implica unos niveles de programación bajos. Otro sistema es el uso de tableros cuadrículados que los robots deben cruzar teniendo en cuenta las cuadrículas y sus intersecciones, que es la fórmula elegida para llevar a cabo la presente investigación. Los sensores siguelíneas permiten llevar a cabo estas acciones, pero con algoritmos de programación más complejos (McGill, 2012). Naturalmente es una forma válida para que los estudiantes sean conscientes de la importancia tanto de la programación como de las matemáticas en tareas diarias.

Los pares ordenados y los robots educativos proporcionan múltiples posibilidades que no se limitan a la propia programación, también permiten desarrollar la percepción espacial de la distancia y la dirección. Cabe destacar que cuando la trayectoria de los aparatos es el resultado de movimientos encadenados se debe hacer un recorrido mental de las distintas fases por las que tienen que pasar las motorizaciones. Es por tanto que lleva asociado una comprensión específica de los patrones y figuras geométricas que deben llegar a hacer para conseguir los distintos objetivos (Juliá & Antolí, 2016).

Esto puede abarcar otras disciplinas dentro de la materia, favoreciendo igualmente aprendizajes tales como las representaciones gráficas en los análisis de datos, valorando la ubicación de los puntos en función de las frecuencias o valores simbolizados. También tienen un peso importante en el mapeo y triangulación para obtener posicionamientos en función otros elementos de referencia (Schliemann, 2002).

En el entorno real de los jóvenes hay multitud de aparatos que basan su funcionamiento en las triangulaciones y las posiciones relativas, por lo que las clases matemáticas pueden convertirse en un hilo conductor para que se asimilen conocimientos con una aplicación práctica en la vida real (Caci *et al.*, 2013). Esto produce en los estudiantes que su nivel de compromiso y dedicación mejore, sintiéndose responsables de sus aprendizajes.

3.6. Retos y dificultades en el uso de robots en el aula

La utilización de robots en las aulas de los colegios e institutos, tal y como se ha expuesto, conlleva múltiples beneficios, pero con mucha frecuencia se encuentra con importantes dificultades para poder implantar su utilización de manera generalizada (Navarro *et al.*, 2012). Es por tanto que para conseguir un éxito es necesario llevar a cabo una planificación cuidadosa, disponer de unos recursos adecuados y tener un enfoque pedagógico bien definido.

La integración de la robótica en el currículo es un desafío muy complejo ya que es fundamental encontrar un equilibrio entre la inclusión de nuevos contenidos y formas de enseñar y el mantenimiento de temas esenciales establecidos (Llorens *et al.*, 2017). La tendencia del profesorado apunta a la innovación, pero conjugando con frecuencia orientaciones más actuales que enriquecen el proceso formativo con otras en las que únicamente se limita a un refuerzo de métodos más tradicionales. Además, es fundamental que estas modificaciones se lleven a cabo de forma colaborativa, involucrando a todos los actores implicados para llevar a cabo con éxito la adaptación (Atman *et al.*, 2022).

Los recursos económicos conforman uno de los principales limitadores al incluir la robótica en el aula. Los precios de adquisición y mantenimiento de los dispositivos pueden no estar al alcance de muchos centros educativos, especialmente aquellos ubicados en regiones con menos recursos. En los últimos años han aparecido diversas iniciativas tanto de carácter público como privado para la recaudación de fondos para su adquisición, llegando a consolidarse algunas asociaciones con empresas para la compra

de unidades. Las políticas a nivel europeo cuentan también con dotaciones importantes para hacer llegar estos materiales a los centros.

Prácticamente la totalidad de las atenciones están centradas en la adquisición, por eso su actualización y mantenimiento es frecuentemente más complejo porque no se cuenta con fondos concretos para ello. El mantenimiento regular y las reparaciones de los equipos son fundamentales para que funcionen adecuadamente, por lo que en caso de no realizarse de manera adecuada no estarán disponibles para ser utilizados en alguna de las sesiones prácticas con el alumnado (Liu *et al.*, 2011). Dado que la tecnología vive una evolución vertiginosa, es fundamental que las instituciones cuenten con recursos para llevar a cabo las actualizaciones pertinentes. En este sentido es fundamental implementar políticas de uso responsable para alargar la vida útil de los equipos.

Igualmente es básico que los robots y otros dispositivos electrónicos sean completamente compatibles con el ecosistema existente en los centros educativos, puesto que si esto no se tiene en cuenta los costes derivados de las adaptaciones pueden ser muy elevados. Es por ello que se debe asegurar una perfecta armonía entre los diferentes sistemas. Muchas veces se compran dispositivos de forma aislada o poco organizada que después se quedan guardados sin utilización alguna (Fortunati *et al.*, 2022).

Existen también una serie de contingencias asociadas a los aspectos pedagógicos que también se deben analizar, puesto que aunque no constituyen un elemento inicial bloqueante, sí son las razones habituales por las que fracasa el trabajo con aparatos tecnológicos (Lou *et al.*, 2001).

La formación específica del profesorado en la utilización de elementos robóticos constituye un obstáculo a veces insalvable, puesto que los responsables de enseñar y transmitir el conocimiento carecen en muchas ocasiones de los conocimientos mínimos para comprender el funcionamiento y por tanto para implementar su uso en labores docentes. Esto debe implicar un compromiso con la formación profesional continua y un enfoque concreto en el desarrollo de las habilidades pedagógicas relacionadas con la tecnología.

La introducción de la robótica en el currículo también genera dificultades, puesto que al exigirse nuevas formas de trabajo, nuevos agrupamientos y nuevos recursos hay docentes que se sienten abrumados, particularmente aquellos que están más acostumbrados a seguir enfoques pedagógicos más convencionales suelen ser reacios a los cambios en el aula. Esto es más acentuado cuando se opta por sistemas que promueven las orientaciones prácticas en las que hay ritmos de aprendizaje diversos y en los que se exige un trabajo extra importante para preparar adecuadamente cada una de las sesiones.

Otra dificultad que no se debe obviar es que la utilización de este tipo de dispositivos tiene un coste elevado y que no todos los estudiantes van a tener acceso a estas tecnologías, lo que indiscutiblemente va a generar una brecha digital importante. Aquellos centros educativos que dispongan de buenos medios podrán ofrecer a sus estudiantes unas posibilidades más completas que los que no tengan materiales (Kucuk & Bisman, 2017). Todos los estudiantes, independientemente de sus capacidades, género u origen étnico deberían tener las mismas oportunidades para participar y aprender. Si no disponen de los medios adecuados esto constituye un reto imposible de llevar a cabo.

Existen además impactos que en la actualidad no están adecuadamente cuantificados y que están en relación con la sobreexposición de los jóvenes a las pantallas y a la tecnología. No se debe olvidar que es posible que una dependencia y exposición descontrolada a los aparatos tecnológicos pueda hacer que se pierdan niveles de autonomía. Otros estudiantes tienen una respuesta antagónica ya que los dispositivos les genera un estrés descontrolado que no les permite un correcto aprendizaje (García Varcárcel & Caballero González, 2019).



SEGUNDA PARTE

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Aplicación en
aula

4

de trabajo

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN



4.1. Objetivos del estudio

4.1.1. Objetivo general

El objetivo del estudio se centra en describir, comparar y asociar los resultados que obtienen los alumnos y alumnas de la ESO que utilizan y no utilizan robots en el aprendizaje de conocimiento en ejes de coordenadas.

4.1.2. Objetivos específicos

- A. En relación a la escala de aprendizaje activo:
 - 1. Describir y valorar la forma de trabajar los contenidos en ejes de coordenadas.
 - 2. Comparar las ganas y el interés de los estudiantes que utilizan y no utilizan robots en las clases de matemáticas.
- B. En relación a los conceptos computacionales y ludificación:
 - 1. Analizar el conocimiento de elementos generales utilizados en programación.
 - 2. Valorar la capacidad y la obtención de resultados cuando se desarrolla trabajo en grupo.
- C. En relación a los conceptos matemáticos:
 - 1. Estudiar el conocimiento de los planos cartesianos y la comprensión de la utilidad de su estudio.
 - 2. Aprender a ubicar distintos puntos en el plano de coordenadas, tanto en el punto de referencia 0,0 como a otros.
 - 3. Realizar operaciones básicas (sumas y restas) con puntos ubicados en el plano.
 - 4. Describir el grado de aplicación de los conocimientos a situaciones reales.
- D. En relación a la utilidad percibida:
 - 1. Analizar el grado de utilidad y facilidad de nuevas metodologías en el aprendizaje.
 - 2. Estudiar el grado de percepción de la utilidad de los contenidos trabajados.
- E. En relación a la diversión y disfrute durante las actividades de aprendizaje:
 - 1. Estudiar el grado de disfrute durante el aprendizaje de los contenidos.
 - 2. Comparar los niveles de motivación percibidos con la utilización de los robots.

- F. En relación a la **metodología de trabajo con el uso de robots**:
1. Analizar las relaciones existentes entre los estilos de aprendizaje que utilizan robots y aquellas que no los usan.
 2. Valorar la importancia del uso de robots en el aprendizaje de nuevos contenidos.

4.2. Hipótesis de la investigación

La hipótesis de investigación del presente estudio es la siguiente:

“Los alumnos y alumnas de Educación Secundaria Obligatoria que trabajan con robots obtienen diferentes resultados sobre conocimiento en ejes de coordenadas.”

4.3. Tipo de estudio

La investigación adopta un enfoque naturalista, ya que se lleva a cabo en la práctica real del aula. Se trata de un diseño cuasi experimental en el que se aplican test y cuestionarios a dos grupos, el control y el experimental, tras llevar a cabo las explicaciones pertinentes usando metodologías tradicionales al primero y otras más novedosas con ayuda del robot mBot al segundo. Durante la realización de la investigación los alumnos del grupo experimental llevan a cabo una Unidad Didáctica sobre coordenadas cartesianas en la materia de Matemáticas integrando la programación y la robótica en sus prácticas y actividades.

La principal característica del diseño cuasi experimental es que al no realizar la selección de la muestra de manera aleatoria se tiene un control sobre la mayor parte de las fuentes de invalidez (Sáez Lopez, 2017). Además, existe un control sobre las variables, manipulando la variable independiente (Arfé *et al.*, 2020; Serholt, 2018). Se opta por este modelo por las características de la muestra y la dificultad logística implícita en la puesta en práctica de experimentos de esta naturaleza con el alumnado en el aula (Sáez López, 2012).

Aunque uno de los objetivos de las metodologías experimentales es la generalización de los resultados, conviene ser cautos en los cuasi experimentales, puesto que se puede llegar a producir sesgo en el muestreo y cometer errores en las conclusiones (Hernández Sampieri *et al.*, 2014; Hiltz *et al.*, 2000).

Por su parte, la utilización de este tipo de diseños permite al investigador controlar las condiciones del estudio, aislar las variables y analizar los resultados que se producen

(Guevara Albán *et al.*, 2020; Sierra Bravo, 1994). Sáez López (2017) destaca que “se busca identificar los factores que causan algún efecto de que algo se produzca como consecuencia de su acción. Se lleva a cabo a través de grupos experimentales y de control”. En el presente estudio es el uso del robot educativo el principal factor analizado como elemento que puede alterar los resultados en el aprendizaje de unos contenidos específicos, que son las coordenadas cartesianas. Se elige esta naturaleza de estudio por ser la base de multitud de elementos de la realidad actual, como por ejemplo la lectura e interpretación de los mapas, el funcionamiento de aspiradores modernos, la comprensión del funcionamiento de aparatos como impresoras 3D, etc.

4.4. Descripción y naturaleza de las variables utilizadas

Se han seleccionado diversas variables para la realización del presente estudio teniendo en cuenta numerosas publicaciones (Sáez López *et al.*, 2023; Sáez López *et al.*, 2021; Sáez López *et al.*, 2017), en las que se encuentran aspectos coincidentes que se analizan en esta investigación. Esto contribuye a que los ítems trabajados tienen la posibilidad de ser replicados, contrastados y verificados en el futuro.

Las variables se agrupan en tres grandes bloques: el primero recoge datos de identificación, tales como número de registro, centro de estudio, curso, género, edad¹ y uso del robot. En la tabla 2 se recogen las relaciones entre las distintas variables, los indicadores de esas variables y los ítems del cuestionario utilizados.

Tabla 2. Relaciones entre las variables de identificación, sus indicadores y los ítems utilizados.

VARIABLES DE IDENTIFICACIÓN	INDICADORES DE LAS VARIABLES	ÍTEMS
NÚMERO DE REGISTRO	Registro	PERS001
CENTRO DE ESTUDIO	Centro	PERS002
CURSO	Curso	PERS003
GÉNERO	Género	PERS004
EDAD	Edad	PERS005
USO DEL ROBOT	Robot	PERS006

¹ Se recoge la edad de los sujetos a fecha de realización de los cuestionarios de obtención de información.

Tabla 3. Descripción de las escalas, sus indicadores y los ítems utilizados.

ESCALAS	INDICADORES DE LAS ESCALAS	ÍTEMS
ESCALA DE APRENDIZAJE ACTIVO	Preguntas	APREN007 APREN008 APREN009 APREN010 APREN011
	Mediana de las respuestas	GLOB_APREN
CONCEPTOS COMPUTACIONALES Y LUDIFICACIÓN	Preguntas	COMP012 COMP013 COMP014 COMP015 COMP016
	Mediana de las respuestas	GLOBAL_COMP
CONCEPTOS MATEMÁTICOS	Preguntas	MATE017 MATE018 MATE019 MATE020
	Mediana de las respuestas	GLOB_MATE
UTILIDAD PERCIBIDA	Preguntas	PERC021 PERC022 PERC023 PERC024 PERC025
	Mediana de las respuestas	GLOBAL_PERC
DIVERSIÓN/DISFRUTE DURANTE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	Preguntas	DIVER026 DIVER027 DIVER028 DIVER029 DIVER030
	Mediana de las respuestas	GLOB_DIVER

El segundo bloque se subdivide en escala de aprendizaje activo (Hiltz *et al.*, 2000), incluyendo cinco preguntas: Conceptos Computacionales y Ludificación (Sáez López *et al.*, 2016), que incorpora cinco preguntas; Conceptos Matemáticos con cuatro preguntas adaptadas (Rodríguez Martínez *et al.*, 2019); Utilidad Percibida (Davis *et al.*, 2002), incorporando cinco preguntas; y Diversión/disfrute durante las actividades de aprendizaje (Laros y Steekamp, 2005) con cinco preguntas. Se genera una nueva variable global resultante de la mediana de los ítems de cada una de las escalas para posteriores análisis.

El tercer bloque incluye seis preguntas de carácter objetivo sobre diversos conocimientos matemáticos relacionados con el trabajo de las coordenadas. La tabla 3 recoge las relaciones entre las preguntas del cuestionario, los indicadores de las preguntas y los ítems del cuestionario. Igualmente se genera una variable global resultante de la suma de los valores de los distintos ítems.

Tabla 4. Descripción de los indicadores de las preguntas y los ítems del cuestionario de conocimiento de los sistemas de coordenadas.

CUESTIONARIO	INDICADORES DE LAS PREGUNTAS	ÍTEMS
CONOCIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS	Preguntas de desarrollo	PREG031 PREG032 PREG033 PREG034 PREG035 PREG036
	Suma de las respuestas	GLOB_RESUL

A continuación se presenta la clasificación y diferenciación de las distintas variables objeto de estudio indicando la naturaleza, las escalas y unidades de medida utilizadas (ver tablas 4, 5 y 6).

Tabla 5. Descripción de las variables de identificación con sus indicadores, naturaleza, escala y unidades de medida.

TIPO	INDICADOR	NATURALEZA	ESCALA	UNIDAD DE MEDIDA
VARIABLES DE IDENTIFICACIÓN	Registro	Cualitativa	Escala Ordinal	(1-49)
	Centro	Cualitativa	Escala Nominal	(1)
	Curso	Cualitativa	Escala Ordinal	(1-2)
	Género	Cualitativa	Escala Nominal	(1-2)
	Edad	Cuantitativa discreta	Escala Ordinal	(11-14)
	Robot	Cualitativa	Escala Nominal	(1-2)

Tabla 6. Descripción del conocimiento de los sistemas de coordenadas con sus indicadores, naturaleza, escala y unidades de medida.

TIPO	INDICADOR	NATURALEZA	ESCALA	UNIDAD DE MEDIDA
CONOCIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS	Preguntas de desarrollo	Cuantitativa continua	Escala de Razón	(0-10)
GLOB_RESUL	Preguntas de desarrollo	Cuantitativa continua	Escala de Razón	(0-10)

Tabla 7. Descripción de las escalas con sus indicadores, naturaleza, escala y unidades de medida.

TIPO	INDICADOR	NATURALEZA	ESCALA	UNIDAD DE MEDIDA
ESCALA DE APRENDIZAJE ACTIVO	GLOB_APREN	Cualitativa	Escala Ordinal	(1-7)
CONCEPTOS COMPUTACIONALES Y LUDIFICACIÓN	GLOBAL_COMP	Cualitativa	Escala Ordinal	(1-7)
CONCEPTOS MATEMÁTICOS	GLOB_MATE	Cualitativa	Escala Ordinal	(1-7)
UTILIDAD PERCIBIDA	GLOBAL_PERC	Cualitativa	Escala Ordinal	(1-7)
DIVERSIÓN/DISFRUTE DURANTE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	GLOB_DIVER	Cualitativa	Escala Ordinal	(1-7)

4.5. Descripción de los instrumentos

Los instrumentos diseñados y utilizados para llevar a cabo el presente estudio se pueden clasificar en dos grandes bloques: el robot y su programación y los cuestionarios y las herramientas para su análisis. Se describen a continuación.

4.5.1. El robot mBot siguelíneas y el tablero de juego

El robot mBot es una herramienta ideal para que los estudiantes de primeros cursos de Educación Secundaria se inicien en el universo de la computación y robótica (Saez *et al.*, 2019; Wu & Chen, 2022). Se trata de un dispositivo muy versátil con amplias posibilidades de configuración y que se adapta adecuadamente a las necesidades del presente estudio.

Dentro de su versatilidad de componentes y accesorios se optó por seleccionar el módulo de mando a distancia por infrarrojos, por su comodidad de uso y sencillez de programación (ver imagen 23).

Figura 23. Mando a distancia infrarrojo



También se utilizaron los módulos siguelíneas, dispositivos que detectan los colores blanco y negro en cada uno de los dos sensores de los que dispone. En este caso se utilizaron dos con el objeto de dotar de más velocidad y potencia al robot.

Figura 24. Sensor siguelíneas



Su funcionamiento se basa en los resultados de los cuatro sensores (dos por cada módulo) y su interpretación por parte de la placa del dispositivo (basada en la tecnología de Arduino). En la imagen 25 se pueden ver las distintas respuestas de los sensores en función de las líneas que se pueden encontrar durante su funcionamiento.

Figura 25. Diversas posiciones de los sensores en función de los colores

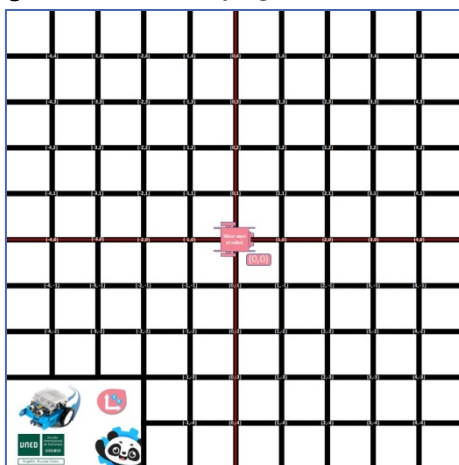


Cuando el sensor detecta una línea negra, los reflejos son absorbidos por la misma y este no recibe ningún valor. Del mismo modo, si está encima de una línea blanca, detecta el reflejo devolviendo valores máximos. En base a este sencillo algoritmo moverá las ruedas en una dirección, en otra o se parará.

También se utilizó un tablero de juego diseñado específicamente fabricado con vinilo de color blanco para el fondo y negro para las líneas. Se diseñó un sistema de cuadrículas

ubicando en la parte central la planta del mBot con la dirección óptima para comenzar el juego (ver figura 26).

Figura 26. Tablero de juego



Para la programación del dispositivo se utilizó el programa mBlock. Saez *et al.*, (2019) recomiendan la integración de la robótica educativa con programación visual por bloques en matemáticas, especialmente en unidades didácticas relacionadas con las coordenadas y números enteros. En el programa completo (ver anexo X) se puede observar que el robot funciona de forma similar a un siguelíneas tradicional, incorporando variables que guardan los valores de cada una de las líneas transversales que detecta, considerando estas como un nuevo valor, tanto en el eje X como el Y. El sistema de programación por bloques tiene unas posibilidades muy amplias de trabajo, permitiendo conseguir de forma simple complejas programaciones (Sáez *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2021). Este sistema está basado en Scratch, otra plataforma ampliamente utilizada en el contexto educativo (Lavonen *et al.*, 2003; Sáez López & Miyata, 2013; Verner *et al.*, 2022).

Para la obtención de las coordenadas y zonas de reciclaje necesarias para completar algunos retos prácticos se utilizó una ruleta virtual configurable, puesto que el diseño y la facilidad para tener resultados aleatorios se ajustaba idóneamente al estudio.

4.5.2. Los cuestionarios y las herramientas de análisis

Los cuestionarios como herramienta de obtención de datos y registro de resultados están ampliamente utilizados en estudios de este tipo y sobradamente documentados, destacando tanto por la facilidad de aplicación como por la adaptabilidad de los mismos a las situaciones variadas (Román González, 2016; Sisman *et al.*, 2019). Para la valoración de la dimensión de los beneficios de la robótica en contextos educativos, se seleccionaron varios ítems de la escala 1 de Aprendizaje activo (Hiltz *et al.*, 2000), de la escala 2 de Conceptos computacionales y ludificación (Sáez López *et al.*, 2016), de la escala 3 de

Conceptos matemáticos de elaboración propia, de la escala 4 de Utilidad percibida (adaptada de Davis *et al.*, 2002) y de la escala 5 de Diversión/disfrute durante las actividades de aprendizaje (adaptada de Laros & Steenkamp, 2005). Se empaquetaron en un cuestionario global (ver anexo VI) en el que además se incluyeron unas instrucciones sencillas explicando cómo se deben rellenar los ítems. El cuestionario para valorar los resultados académicos con el uso de la robótica (ver anexo VII) mide los resultados del test Robótica Educativa en la Enseñanza (REE) a través de un método pre-experimental. Aunque se trata de un diseño menos riguroso que el método experimental puro, se trata de una opción muy adecuada debido a la dificultad que implica ésta y además ofrece información útil en el presente estudio.

Al comienzo de la investigación se llevó a cabo un análisis meticuloso de la fiabilidad del cuestionario empleado. Esta etapa constituye un elemento fundamental para asegurar la validez de los resultados obtenidos. La fiabilidad, en el contexto de cualquier instrumento de medición como el utilizado en este estudio, se refiere a la confiabilidad y consistencia de los datos recogidos. Es muy importante determinar si las respuestas son estables y consistentes tanto a lo largo del tiempo como en los diferentes grupos de individuos. Así, se puede afirmar que las conclusiones derivadas son precisas y representativas de la población estudiada.

Para cuantificar la fiabilidad del cuestionario se centró la atención en dos cuestiones fundamentales: la consistencia interna y la precisión de las mediciones. La primera se relaciona con el grado en que todas las partes del cuestionario contribuyen de manera uniforme a lo que está siendo medido, buscando por tanto asegurar que todas las preguntas del cuestionario están evaluando los conceptos de manera adecuada. La precisión se refiere a la distancia que hay de las respuestas a los valores objeto de estudio.

Para llevar a cabo esta evaluación de la fiabilidad, se seleccionó el coeficiente Alfa de Cronbach, por tratarse de un indicador estadístico ampliamente aceptado por la comunidad científica y empleado en la investigación cuantitativa. Este coeficiente es especialmente útil para medir la consistencia interna de los ítems de los cuestionarios. Se calcula basándose en el promedio de todas las correlaciones posibles entre los ítems, proporcionando un valor que oscila entre 0 y 1. Valores superiores a 0,7 son considerados aceptables (Hair *et al.*, 1998), indicando una buena consistencia interna. Es el método preferido en la investigación social debido a su capacidad para ofrecer una medida fácilmente interpretable de la fiabilidad. Al aplicarlo al cuestionario, se analizó en qué grado de armonía estaban las distintas partes del mismo.

La fórmula del Alfa de Cronbach es la siguiente:

$$\alpha = \frac{N \cdot \bar{c}}{\bar{v} + (N-1) \cdot \bar{c}}$$

N es el número de ítems del cuestionario

\bar{c} es el promedio de las covarianzas entre los ítems

\bar{v} es el promedio de las varianzas de cada ítem

En el proceso de análisis de datos del estudio se tomó la decisión de utilizar el programa de análisis estadístico SPSS, basado fundamentalmente en la reconocida eficacia y adaptabilidad para la realización de las operaciones. El SPSS es ampliamente utilizado en diversas disciplinas científicas debido a la robustez en los análisis de una forma sencilla por disponer de una interfaz intuitiva. Otro aspecto interesante es la enorme capacidad que tiene para generar resultados precisos y confiables.

El Alfa de Cronbach obtenido en el estudio es de 0,921, un valor que indica una alta consistencia interna en el cuestionario empleado, sugiriendo que los ítems están fuertemente correlacionados y miden de manera fiable el constructo en cuestión. Este resultado proporciona una base sólida para la confianza de los hallazgos y conclusiones derivadas de la investigación.

Este proceso de estudio es elemental para garantizar la fiabilidad de cuestionario, asegurando su solidez, asegurando las interpretaciones y conclusiones extraídas de los datos recogidos, permitiendo así que la comunidad científica en general pueda confiar en las conclusiones presentadas.

También se estudió la validez del cuestionario realizando la validación cualitativa de la escala por siete jueces expertos². Estos especialistas, con amplia experiencia y conocimiento en la materia, examinaron minuciosamente cada ítem para asegurar que cumplía con los requisitos necesarios para tener una adecuada validez. Durante esta fase de validación, los jueces no solo evaluaron la relevancia de las preguntas en relación con el tema de estudio, sino que consideraron la claridad y comprensión de las mismas, asegurándose de que fueran adecuadas para el alumnado. Esta rigurosa revisión por parte de los expertos constituyó un paso crucial para confirmar que se trataba de una herramienta válida y confiable para la recolección de datos en la investigación.

² María Luz Cacheiro González
José Luis García Llamas
Raúl González Fernández
Antonio Medina Rivilla

M^a Luisa Sevillano García
José Manuel Suárez Ribeiro
Esteban Vázquez Cano

4.6. La muestra

La población que ha tomado parte de esta investigación está compuesta por alumnado de Educación Secundaria Obligatoria de la provincia de Almería matriculados en el curso 2021/22.

En la selección de los participantes en el estudio se opta por un enfoque no probabilístico e intencional. Al tratarse de un estudio cuasi experimental, es un método adecuado por la dificultad que entraña la utilización de un muestreo aleatorio (Sáez López, 2017). Se busca de esta forma una muestra heterogénea o de máxima variabilidad.

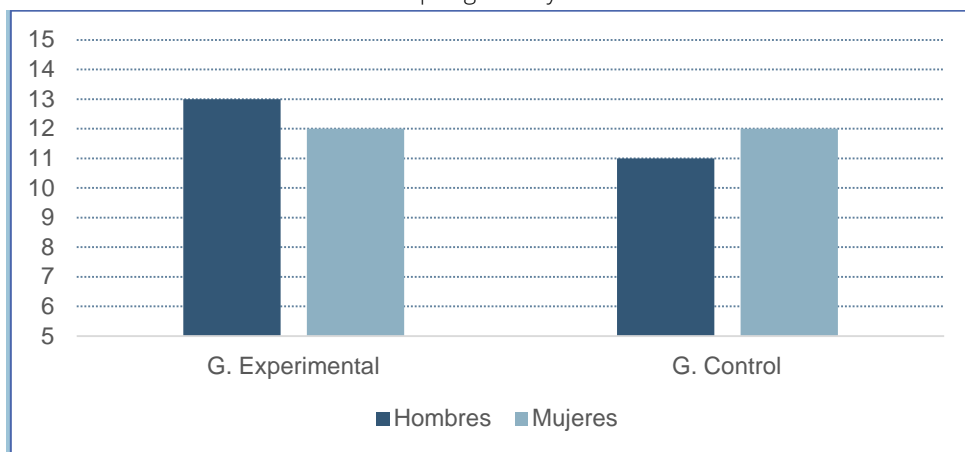
Se produce, por tanto, un control sobre las variables llegando a manipularse la variable independiente (Atman *et al.*, 2022). Se trata, no obstante, de un diseño adecuado debido a la dificultad logística que implica otro tipo de selección.

Entre otras, cabe destacar que este método las siguientes **características**:

1. Se trata de un método rentable y eficaz a nivel temporal.
2. Puede tratarse del único método posible dado la población de estudio.
3. La potencia puede depender de la selección de casos ricos en información.

La muestra del estudio está compuesto por 49 sujetos (N=49), de los cuales 25 forman parte del grupo experimental (46,9%) y 24 del grupo control (53,1%).

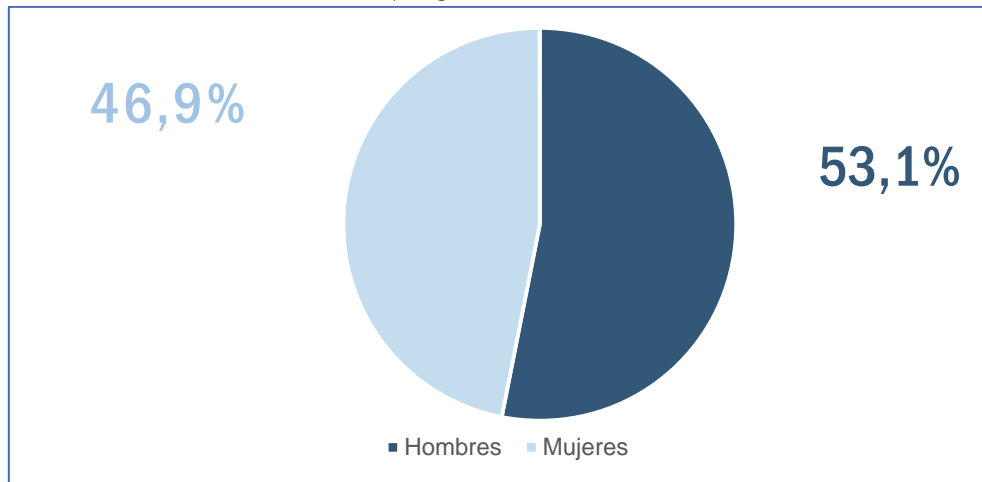
Gráfico 1. Distribución de la muestra por género y uso del mBot.



Al llevar a cabo el análisis sobre la composición del grupo desde la perspectiva de género, se observan distribuciones que permiten entender mejor cómo se divide el grupo, proporcionando así una visión más clara de la representación de chicas y chicos en el estudio. En el primer caso, representan casi la mitad de la población estudiada, con un 46,9%, lo que indica una participación significativa, constituyendo una proporción considerable del total. Al observar la representación de los chicos, se constata que

constituyen un 53,1% del grupo, un porcentaje ligeramente superior al de las chicas. En definitiva, la estratificación del grupo por género revela una distribución casi equitativa entre chicas y chicos con una ligera mayoría de los segundos.

Gráfico 2. Distribución de la muestra por género.



4.7.Procedimiento

4.7.1.Obtención de los permisos para la realización de la investigación y reunión con la directora, familia y profesores de matemáticas

Antes de comenzar con la intervención real en el aula con el alumnado se solicitó la autorización al Ministerio de Educación y Formación Profesional (ver anexo I). En la solicitud se detalla la realización de cuestionarios y otras pruebas en horario escolar.

Paralelamente se pide a la directora del IES Ciudad de Dalías de Almería (ver anexo II) la aprobación para llevar a cabo el experimento en horario escolar. Además de la solicitud se acordaron dos reuniones previas para explicar detalladamente el proceso a realizar. Desde la primera reunión se mostró una predisposición óptima para la realización de este tipo de estudios con el alumnado.

Además se realizó una reunión con los padres y madres del alumnado (anexo III) en la que se detalló el proceso, las actividades a realizar y la participación de sus hijos. Se explicó el sistema de selección de la muestra, especialmente para indicar el sistema de selección de la muestra en metodologías cuasi experimentales. Se enseñaron los cuadernillos y otro material utilizado en la investigación.

Por último y con el objeto de tener una base documental de todo el proceso, se pidió la autorización para la utilización y publicación de fotografías y otro contenido audiovisual (anexo IV). Así se pueden enriquecer todas las publicaciones derivadas del mismo.

Todas las familias de los estudiantes seleccionados mostraron una respuesta muy positiva y mucho interés en que tuvieran estas iniciativas con sus hijos e hijas, al tratarse de metodologías de gran actualidad. Se les informó que al finalizar y tener resultados se les pasaría un informe completo personalizado sobre todas las acciones.

4.7.2.Realización de un estudio piloto

En enero de 2022, se completa un estudio piloto en el IES Ciudad de Dalías con un enfoque específico sobre el cuestionario seleccionado para completar la investigación. Esto involucra una muestra cuidadosamente seleccionada de tamaño $n=10$, con una distribución de género de niños=4 y de niñas =6. El propósito principal de esto es

examinar detalladamente los ítems del cuestionario para realizar los ajustes esenciales para mejorar su claridad y efectividad.

El estudio es diseñado de manera exhaustiva, y cada estudiante participa de manera individual, permitiendo así una evaluación detallada y personalizada del cuestionario. En esta fase inicial la atención se centra en la interpretación de los enunciados por parte de los jóvenes. Se les pregunta específicamente sobre lo que piensan que intenta comunicar cada pregunta. Esta interacción directa es fundamental para identificar posibles confusiones o malinterpretaciones sobre el enunciado original de las preguntas, una práctica respaldada por diversos autores (Guevara Albán *et al.*, 2020; Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

Durante este proceso se identificaron varios ítems que presentaban dificultades de comprensión para los participantes. Estos hallazgos fueron documentados adecuadamente proporcionando una base sólida para realizar las modificaciones. En la fase de revisión se ajustó cuidadosamente la redacción de las preguntas. En este proceso se buscó únicamente simplificar el lenguaje sin alterar la intención o el contenido sustancial de las preguntas. La adaptación de las preguntas a las expresiones lingüísticas y culturales de los jóvenes andaluces de esta etapa educativa fue un paso crucial para garantizar que los cuestionarios fueran comprensibles para la población objeto de estudio. A continuación se muestran los ítems que se han visto afectados por alguna modificación. En la columna de la izquierda se presenta el ítem original y en la columna de la derecha el ítem adaptado a las características propias del alumnado andaluz (ver tabla 8).

Tabla 8. Ítems afectados por alguna modificación en su redacción.

ENUNCIADO ORIGINAL	ENUNCIADO ADAPTADO
Aprendí muchos materiales factuales	Aprendí cosas con mucha aplicación práctica
Participé activamente	Participé con muchas ganas en las actividades propuestas
Conozco las secuencias entendidas con personales, fondos y elementos combinados	Conozco diversos elementos usados en la programación
Uso bucles incluidos en la programación para permitir un producto multimedia adecuado	Entiendo el funcionamiento de los bucles
Capacidad mejorada para comunicarse con claridad	Mejoré mi capacidad de compartir los contenidos trabajados
El material didáctico aumentó la eficiencia de mi proceso de aprendizaje	El material utilizado me ayudó a aprender con más facilidad
Las tareas ayudaron al aprendizaje del estudiante	Realizar este tipo de actividades me ayudó a razonar mejor
Yo estaba feliz	Me sentí bien mientras realizaba las tareas
Disfruté con la actividad	Me gustó mucho el trabajo propuesto
Estaba entusiasmado	Estaba muy contento/a mientras hacía las actividades

Después de completar estas modificaciones se volvió a aplicar el cuestionario a la misma muestra de estudiantes. En esa segunda ronda se verificó que los cambios llevados a cabo eran efectivos, observándose una mejora notable en la comprensión y en la precisión de las respuestas, lo que confirmó que el nuevo formato permite a los jóvenes expresar con mayor claridad y precisión sus pensamientos e ideas.

Con el fin de mejorar la experiencia de los encuestados y la calidad de los datos recopilados se incorporaron unas instrucciones claras y concisas al inicio del cuestionario. Estas instrucciones tienen como objeto asegurar que todos los estudiantes contaran con la misma información y entendieran completamente el proceso antes de comenzar a responder. El resultado final fue un instrumento de encuesta bien estructurado, listo para su implementación con una muestra más amplia. La versión final del cuestionario se recoge en los anexos VI y VII.

Estas acciones completadas en el estudio piloto garantizan que el cuestionario sea adecuado, accesible y eficaz para la investigación propuesta. Los esfuerzos dedicados a conseguir una adecuada claridad, la relevancia cultural y la comprensión aseguran que los resultados obtenidos sean más precisos y confiables. De esta forma se ha pretendido mejorar los instrumentos de investigación, sentando una base sólida para futuras iniciativas en el ámbito de la investigación educativa.

4.7.3. Intervención y recogida de los datos

Para llevar a cabo el estudio, se dividió la muestra en dos grupos, el grupo control y el experimental. El primero desarrolló la misma unidad didáctica que el segundo, pero utilizando un planteamiento clásico basado en la utilización del libro de texto. Cabe destacar que esta metodología tiene al docente como elemento central del proceso y los estudiantes emplean su esfuerzo en atender a las explicaciones guiadas y la realización repetitiva de ejercicios prácticos.

La intervención con el grupo experimental comienza con la constitución de los equipos de trabajo. De una forma aleatoria, se hicieron grupos de 3 componentes que debían pertenecer indivisibles durante todas las actividades. Esta forma de agrupamiento puede llevar a tener grupos homogéneos, tanto con nivel elevado como bajo (Visauta, 1998). Debido al diseño cuasi experimental de la investigación donde el investigador manipula la selección de la muestra (Saez López, 2017), se optó como solución de compromiso el ajustar esos grupos teniendo en cuenta las calificaciones de los exámenes realizados en la materia de Matemáticas hasta la fecha.

El hecho de trabajar el apartado práctico con pequeños grupos responde a la optimización en el empleo del tiempo en las sesiones prácticas (Vona & Shekar, 2013). En

el diseño del experimento se ha tenido en cuenta la duración de cada una de las tareas encomendadas, con el objeto de que se pudieran llevar a cabo por parte del alumnado. Es importante garantizar, cuando se elaboren este tipo de trabajos, que los jóvenes sean capaces de realizar con éxito los retos encomendados para mantener los niveles de motivación desde el inicio (Alimisis, 2013; Baker & Galanti, 2017).

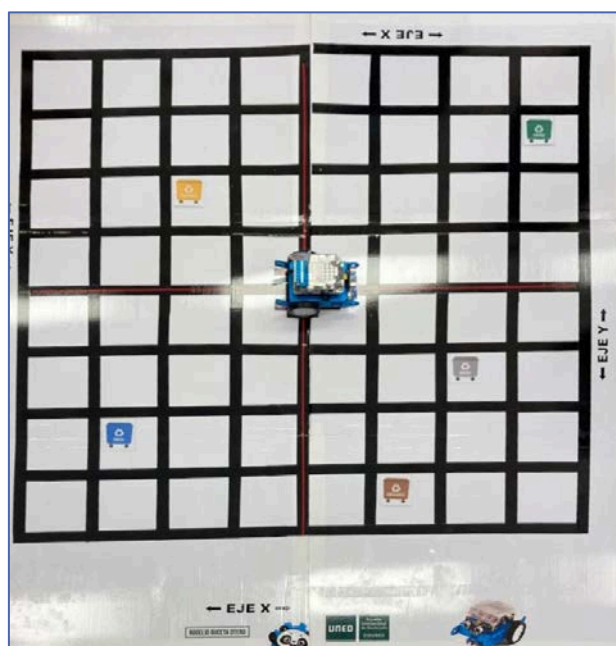
La competición denominada “Juegos Olímpicos Cartesianos” tiene una duración total de tres sesiones, en las que cada uno de los equipos debe afrontar la solución de los diversos desafíos presentados. Con el objeto de garantizar la objetividad en la presentación de la información, se desarrolló una pequeña “Guía de Trabajo para su aplicación en el Aula” (ver anexo V) que consta de dos bloques de información: en el primero, de carácter general, se explican cuestiones generales de la competición y el funcionamiento del robot utilizado para el estudio y en el segundo se presentan las distintas pruebas.

El funcionamiento del robot es muy sencillo, ya que se ha desarrollado un programa a medida para la presente investigación (ver anexo X) para garantizar que todo el alumnado de esa edad pueda utilizarlo sin ningún problema de comprensión. Para ello, se usó la aplicación de mBlock (versión 3.4.12) debido a su sencillez, accesibilidad y gratuidad.

La secuencia que hay que seguir para su uso es la siguiente:

Paso 1: Situar el mBot en las coordenadas deseadas, garantizando que la parte delantera del robot esté orientada hacia la derecha. Esto es así porque el aparato está diseñado para que inicialmente complete los movimientos en el eje X, para a continuación moverse a lo largo del eje Y.

Figura 27. Colocación del mBot en el tablero de coordenadas.



Cabe destacar la importancia de colocar de una forma adecuada el robot, puesto que los sensores de los que dispone son los que inician la secuencia de movimientos y si no se ubican correctamente el sistema no funcionará de forma adecuada.

Paso 2: Enviar las coordenadas deseadas desde el mando a distancia al robot, siguiendo la secuencia indicada en la imagen (Sáez López *et al.*, 2021).

Figura 28. Envío de las coordenadas al mBot utilizando el mando a distancia.



El mBot emite tanto señales sonoras como visuales cada vez que se envía una orden al dispositivo, y recibir por tanto un feedback.

Paso 3: De forma totalmente automática, después de cargar las coordenadas tanto del eje X como del eje Y el robot inicia los movimientos. Es importante que cada vez que se carga una secuencia, el robot considera que el punto de partida es la coordenada (0, 0). Si el ejercicio exige movimientos desde otros puntos, el alumado debe calcular las coordenadas de destino.

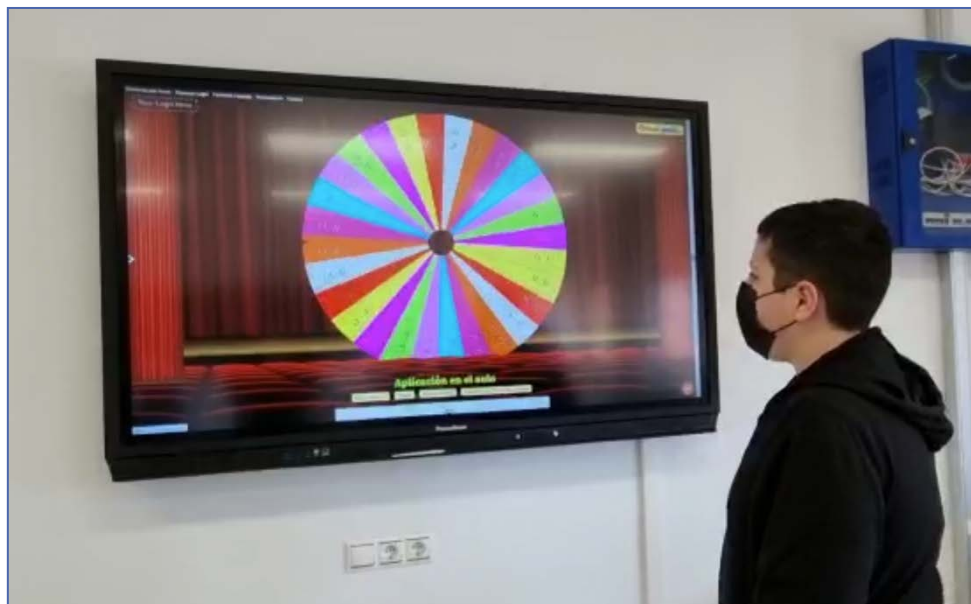
Una de las características que tiene el mBot es que se puede diseñar todo tipo de programas, permitiendo incorporar los sensores necesarios y conseguir así una herramienta de trabajo óptima en cualquier situación del proceso de enseñanza/aprendizaje (Alfieri *et al.*, 2015; Atman *et al.*, 2022; Felicia & Sharif, 2014; Relkin *et al.*, 2021).

Los Juegos Olímpicos Cartesianos constan de las tres pruebas que se detallan a continuación (ver anexo V):

Primera prueba - "Vete al punto": Consiste en llevar el robot mBot desde el centro del tablero de juego (coordenada 0, 0) a la coordenada que de forma aleatoria se obtiene de

la ruleta virtual (ver imagen 29). Se deben insertar las coordenadas y comprobar que llega al destino correcto.

Figura 29. Detalle del funcionamiento de la ruleta virtual.



Trabajan todos los miembros del equipo, pero actuando individualmente y sin ninguna ayuda por parte de los compañeros. Únicamente se permite un intento por persona, disponiendo de 3 intentos en total por equipo. La puntuación se distribuye como se indica en la tabla 9.

Tabla 9. Puntuación del reto Vete al punto.

RESULTADO	PUNTUACIÓN
Si llega a la coordenada indicada correctamente	+1 punto
Si no llega a la coordenada indicada correctamente	-1 punto

Se trata de una prueba sencilla que permite al alumnado manejar el dispositivo, ponerse a prueba y comprobar los conocimientos que tiene.

Segunda prueba - "Sal del laberinto": Consiste en salir de un laberinto sencillo compuesto por 4 bloques de poliestireno expandido, saliendo desde un punto y llegando a otro punto determinado de forma aleatoria por la ruleta virtual. Para la solución de este reto deberán tener en cuenta las distancias entre ambos lugares.

Todos los miembros del equipo deben trabajar de forma grupal y coordinada. Cada equipo dispone de 2 minutos para pensar las coordenadas que se deben grabar en el robot. Únicamente se permite un intento por equipo. La puntuación se distribuye como se indica en la tabla 10.

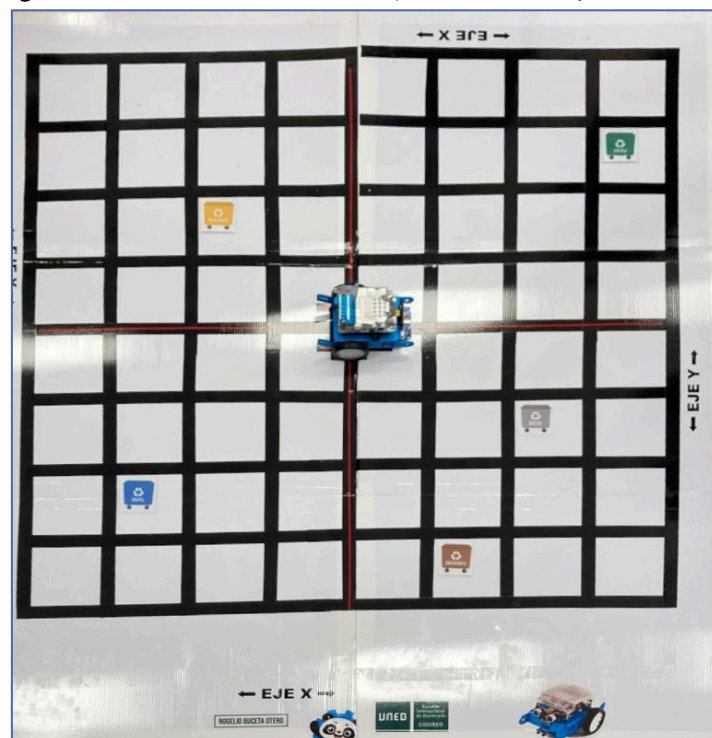
Tabla 10. Puntuación del reto Sal del laberinto.

RESULTADO	PUNTUACIÓN
Si llega a la coordenada indicada correctamente	+3 puntos
Si no llega a la coordenada indicada correctamente	-1 punto

Esta prueba tiene un componente estratégico importante que cada uno de los equipos debe tener claro antes de enviar las coordenadas al dispositivo. Un buen trabajo en equipo garantiza mayor éxito.

Tercera prueba - "Taller de reciclaje": La prueba consiste en llevar el robot desde el punto inicial a dos zonas de reciclaje, a las que deben llevar dos objetos determinados de forma aleatoria por la ruleta virtual. El robot debe llegar al primer punto. Desde ahí se recargan las nuevas coordenadas y deben llegar al segundo punto (ver imagen 30).

Figura 30. Ubicación de los distintos puntos de reciclaje.



Trabajan todos los miembros del equipo de forma grupal y coordinada. El equipo dispone de 3 minutos en total para completar el reto. Únicamente se permite un intento por equipo. La puntuación se distribuye como se indica en la tabla 11.

Tabla 11. Puntuación del reto Taller de reciclaje.

RESULTADO	PUNTUACIÓN
Si llega a las dos zonas de reciclaje indicadas correctamente	+5 puntos
Si llega a una zona de reciclaje indicada correctamente	+2 puntos
Si no llega a ninguna zona de reciclaje indicada correctamente	-1 punto

Después de sumar todas las puntuaciones acumuladas, al equipo con más puntos se le obsequia con un vale por un desayuno (ver anexo VII) para cada uno de sus componentes para canjear en la cantina del centro educativo.

Según Sáez López *et al.* (2021) por medio de estas actividades se persiguen distintos objetivos:

1. Comprender el sistema de coordenadas por medio de aplicaciones prácticas.
2. Entender el funcionamiento de los robots guiados por coordenadas.
3. Conocer diferentes conceptos computacionales básicos (bucles, condicionales, etc.).
4. Sumar coordenadas teniendo en cuenta los puntos de partida del movimiento.
5. Usar nuevas metodologías de trabajo aumentando los niveles de motivación.
6. Trabajar en equipo con el objeto de conseguir un objetivo común.
7. Respetar los logros tanto a nivel individual como grupal.

Se trata pues de analizar en qué grado se cumplen o no las metas buscadas con la utilización de robots como recurso para el aprendizaje de contenidos. Para la realización de estas intervenciones se destina un total de 20' por reto y sesión. Al tratarse de un material con escaso montaje y trabajo en pequeños grupos es suficiente para llevar a cabo las destrezas.

Al finalizar estas sesiones, el proceso continúa con la aplicación de un cuestionario con dos partes:

[-La primera parte](#) (ver anexo VI) incluye la recogida de datos generales de identificación (género, curso, edad, uso de mBot, etc.) y la segunda diversos ítems sobre la dimensión de Aprendizaje Activo (Hiltz *et al.*, 2000), Conceptos Computacionales (modificado de Sáez López & Miyata, 2013), Conceptos Matemáticos, Utilidad Percibida (modificado de Davis *et al.*, 2002), Diversión/disfrute durante las actividades de aprendizaje (Laros & Steenkamo, 2005). El alumnado dispone de 30' para completar todos los apartados. Con la finalidad de ser objetivos con las explicaciones, se incorporan unas sencillas instrucciones sobre cómo deben responder.

-La segunda parte (ver anexo VII) incluye diversas situaciones que permiten analizar los resultados académicos con el uso de la robótica en el aula. Tiene un total de 6 casos prácticos (ver ejemplo en figura 31) en los que los estudiantes deben resolver diversos retos utilizando por ello los conocimientos adquiridos, tanto con ayuda del robot (grupo experimental) como sin ayuda del robot (grupo control). Se dispone de un total de 30' para resolver los ejercicios propuestos.

Figura 31. Ejemplo de pregunta de la segunda parte.

Pregunta 4

2 puntos

(PREG034)

Dibuja el recorrido en el plano cartesiano del mapa que se muestra a continuación. Sigue las indicaciones y marca el camino que debes seguir para encontrar el tesoro. Completa los espacios en blanco.

- Inicia el recorrido del punto (-6, -3).
- Camina hacia el Sur 1 casilla. Llegas al punto (,).
- Camina hacia el Este 14 casillas. Llegas al punto (,).
- Camina hacia el Norte 6 casillas. Llegas al punto (,).
- Por último, camina hacia el Oeste 9 casillas.

El tesoro está en el punto (,).

3

4.7.4. Temporalización del proceso de investigación

En las tablas 12 y 13 se muestra el proceso de investigación, destacando las acciones realizadas en cada una de las fases y la fecha de su realización.

Tabla 12: Resumen de la temporalización del proceso de investigación (I).

FASES	ACCIONES REALIZADAS	FECHA
1.Planteamiento del problema	<u>1.1.Identificación del problema.</u> Por inquietud personal se plantea la posibilidad de un cambio metodológico en la enseñanza de algunos contenidos.	SEPTIEMBRE 2021
2.Estudio del marco teórico y conceptual.	<u>2.1.Revisión bibliográfica y análisis de documentos.</u> Se procede a completar una amplia revisión para conocer los estudios realizados. <u>2.2.Acotación del problema.</u> Se circunscribe la investigación limitando las condiciones del trabajo.	OCTUBRE 2021 DICIEMBRE 2021
3.Determinación de la hipótesis y los objetivos del estudio.	<u>3.1.Formulación de la hipótesis del estudio.</u> En base a los estudios existentes define la hipótesis. <u>3.2.Precisar los objetivos de la investigación.</u>	ENERO 2022
4.Selección de las herramientas para su estudio	<u>4.1. Elección de las variables de estudio.</u> Se escogen las variables en base a los objetivos y otros estudios existentes. <u>4.1.Selección de las herramientas para el estudio.</u> Se eligen las herramientas más adecuadas para el estudio en base de las variables utilizadas.	ENERO 2022 FEBRERO 2022
5.Obtención de los permisos pertinentes para la realización del estudio	<u>5.1.Solicitud de las autorizaciones.</u> Se piden las autorizaciones necesarias a los distintos estamentos y responsables (Ministerio de Educación, Consejería de Educación, Dirección del centro, Familias)	FEBRERO 2022 MARZO 2022
6.Estudios previos/adaptación de los cuestionarios	<u>6.1.Adaptación de los cuestionarios y validación de los expertos.</u> Se seleccionan y validan los cuestionarios por expertos universitarios de la UNED, modificando en algunos casos la expresión sin alterar el contenido de los mismos. <u>6.2.Estudios previos.</u> Con una selección de 10 alumnos y alumnas se hace un estudio previo en el que se comprueba la comprensión del contenido de los ítems.	DICIEMBRE 2021 FEBRERO 2022
7.Selección de la muestra	<u>7.Selección de la muestra.</u> Se procede a seleccionar la muestra de forma no probabilística e intencional.	MARZO 2022

Tabla 13: Resumen de la temporalización del proceso de investigación (II).

FASES	ACCIONES REALIZADAS	FECHA
8.Reunión con la directora del centro y los profesores de matemáticas y obtención de las autorizaciones paternas para la realización del estudio	<p><u>8.1.Reunión con la directora del centro</u> para facilitar la información y detallar el proceso de investigación.</p> <p><u>8.2.Coordinación con los profesores de matemáticas</u>, explicando el protocolo a llevar a cabo, tanto en el grupo experimental como en el grupo control.</p>	MARZO 2022
9.Recogida de datos	<u>9.1. Ejecución de la Unidad Didáctica y realización de los cuestionarios</u> por parte de los alumnos y alumnas seleccionados.	MARZO 2022
10.Creación de una matriz de resultados	<p><u>10.1.Agrupamiento de los datos recogidos de cada uno de los individuos.</u></p> <p><u>10.2.Creación de la base de datos e introducción de los resultados</u> utilizando el programa SPSS 27, utilizando la licencia de la UNED</p>	MAYO 2022
11.Análisis de la información	<u>11.1.Análisis descriptivos y aplicación de pruebas de inferencia estadística</u> para el estudio de la muestra y búsqueda de correlaciones entre las distintas variables.	JUNIO 2022 DICIEMBRE 2022
12.Descripción de los resultados	<u>12.1.Descripción e interpretación de los resultados</u> , teniendo en cuenta los estudios anteriores y comprobando el cumplimiento de la hipótesis.	DICIEMBRE 2022
13.Elaboración del informe/documento	<p><u>13.1.Redacción de los distintos capítulos</u> que componen el informe/documento final.</p> <p><u>13.2.Elaboración de una presentación/documento final</u> con los principales hallazgos de la investigación para su distribución entre los sujetos implicados.</p>	ENERO 2023 DICIEMBRE 2023
14.Comunicación de los resultados al centro y profesores y a la Comunidad Científica	<p><u>14.1.Reunión con el profesorado para informar sobre los resultados obtenidos.</u></p> <p><u>14.2.Elaboración de publicaciones y asistencia a Congresos</u> para exponer los resultados del estudio a la Comunidad Científica</p>	DICIEMBRE 2023 ENERO 2024

4.8. Tratamiento estadístico y análisis de los datos

Un tratamiento estadístico adecuado y en profundidad de todas las variables exige que se apliquen de forma secuencial diversas pruebas (Anderson & Shattuck, 2012; Caceffo *et al.*, 2022; Martínez González *et al.*, 2007). Además se siguieron las indicaciones de los directores de la presente tesis, así como las metodologías seguidas por otras publicaciones de actualidad (Caceffo *et al.*, 2022; Chevalier *et al.*, 2022; Cooper, 2014; Fanchamps *et al.*, 2021; livari *et al.*, 2020).

La muestra se estratifica en cuotas por género y utilización o no utilización del robot durante la unidad didáctica. Así se trata la información de una forma más homogénea, consiguiendo de esta forma unos resultados más fiables que con poblaciones heterogéneas (Beland *et al.*, 2013). No obstante y debido al número total de sujetos, hay que tomar con cautela los valores obtenidos en los subgrupos, para evitar correlaciones espurias.

Para la realización de los cálculos se utiliza la versión 27 del programa de análisis estadístico SPSS con la licencia facilitada por la Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Inicialmente se opta por un análisis descriptivo de la muestra teniendo en cuenta la naturaleza y escala de las distintas variables, discriminando entre aquellas cualitativas de las cuantitativas (Díaz Parreño *et al.*, 2014). En el primer caso se calcula la mediana, moda y percentiles 25, 50 y 75 y en el segundo caso la media, desviación típica, el máximo, el mínimo y los percentiles 25, 50 y 75. Para la presentación de los datos se utilizan histogramas y gráficas circulares.

Seguidamente se procede a realizar las pruebas de inferencia estadística. Se estudian las diversas relaciones existentes en los subgrupos generados, comparando aquellos donde se usa y no se usa el mBot para el trabajo de la unidad didáctica. Para las variables cuantitativas se aplica la prueba de Levene y se analiza su normalidad utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

En el caso de las variables cualitativas y de las cuantitativas que no cumplen con la homocedasticidad se opta por aplicar la U de Mann Whitney por tratarse de una prueba no paramétrica. Además, se buscan las correlaciones entre las escalas y los resultados académicos utilizando la prueba que permite trabajar con variables ordinales Tau C de Kendall.

A laptop screen displays a trading interface with a candlestick chart and moving averages. A large white number '5' is overlaid on the left side of the screen. A yellow circle is positioned on a horizontal line that spans the width of the image, located below the number '5'.

5

RESULTADOS

5.1. Análisis descriptivo de las distintas variables en función del género y la utilización del mBot

A continuación se presentan los resultados del análisis descriptivo realizado en función del género y la utilización del mBot distinguiendo para ello la naturaleza de las distintas variables. Se generan dos bloques de estudio que constituyen la base del presente trabajo, el primero recoge los ítems de las cinco escalas que son de tipo no paramétricas y el segundo incluye el conocimiento de los sistemas de coordenadas de tipo paramétrica.

Se muestran los descriptivos de ambas vertientes con la intención de ofrecer un acercamiento que proporcione una base sólida para su análisis e interpretación. Se pretenden localizar algunos patrones y similitudes mostrados por los estudiantes al utilizar los robots educativos en la enseñanza de los sistemas de coordenadas en la materia de Matemáticas. Se pretende desglosar esta situación en situaciones más sencillas para medir el impacto de la intervención en el aula para alcanzar una comprensión más robusta sobre el tema investigado.

5.1.1. Escalas

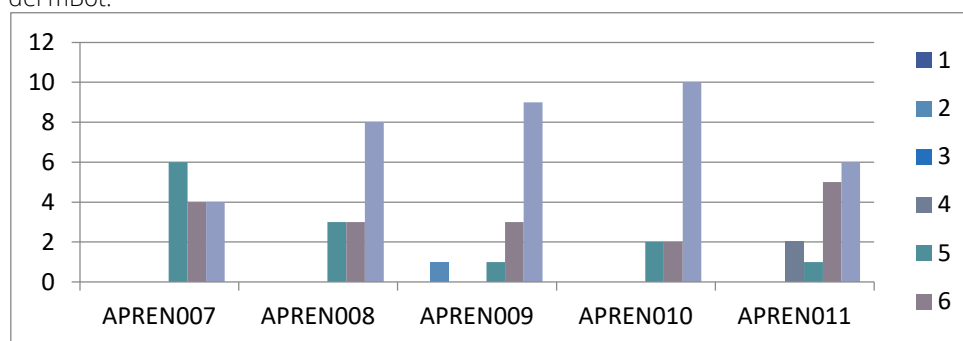
Este bloque permite estudiar cinco escalas diferentes en las que los estudiantes valoran la percepción que tienen sobre las diversas preguntas presentadas. El formato es común, debiendo rellenar el nivel con el que están o no de acuerdo con el enunciado de los ítems. Se trata de datos no paramétricos que ofrecen una información relevante sobre el nivel de percepción del aprendizaje activo, del conocimiento de conceptos computacionales y ludificación, de conceptos matemáticos, de utilidad percibida y de diversión y disfrute durante las actividades de aprendizaje.

Con la finalidad de poder estudiar y comparar adecuadamente los resultados obtenidos en cada una de las familias, se genera una variable nueva nombrada con el prefijo GLOB_ calculada a partir de la mediana de los valores de las distintas preguntas. Con esta fórmula de trabajo se asume un valor adecuado para conseguir interpretaciones de los resultados registrados. A continuación se presentan los estadísticos descriptivos desglosados en las distintas escalas y en el conocimiento del sistema de coordenadas.

5.1.1.1. Escala de Aprendizaje Activo

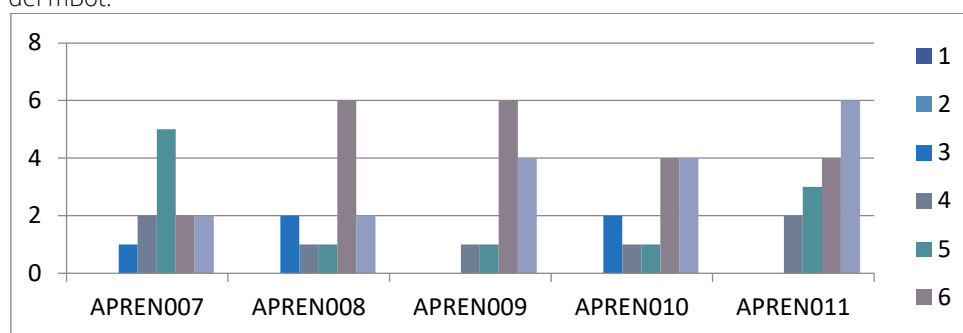
Las frecuencias de los varones en la Escala de Aprendizaje Activo que utilizan el robot educativo mBot para el aprendizaje de coordenadas califican normalmente con valores superiores a 5 en sus respuestas, lo que implica que están más próximos a estar totalmente de acuerdo con sus respuestas que a en desacuerdo. Destacan algunas preguntas en las que la puntuación alcanzan el máximo valor, tal y como se puede observar en el gráfico 3.

Gráfico 3. Frecuencia de la Escala de Aprendizaje Activo en el subgrupo hombres con uso del mBot.



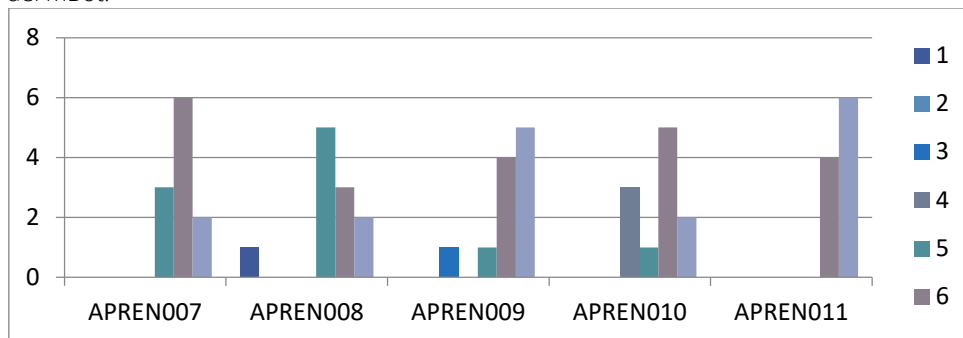
En el caso de los valores que en la Escala de Aprendizaje Activo no utilizan mBot no aparecen puntuaciones tan elevadas, mostrando el histograma unos resultados más heterogéneos. En el gráfico 4 se pueden observar algunos cursos con un reparto más amplio en la puntuación, sin llegar a encontrarse frecuencias excesivamente elevadas. También se pueden distinguir figuras similares en la forma de algunas gráficas.

Gráfico 4. Frecuencia de la Escala de Aprendizaje Activo en el subgrupo hombres sin uso del mBot.



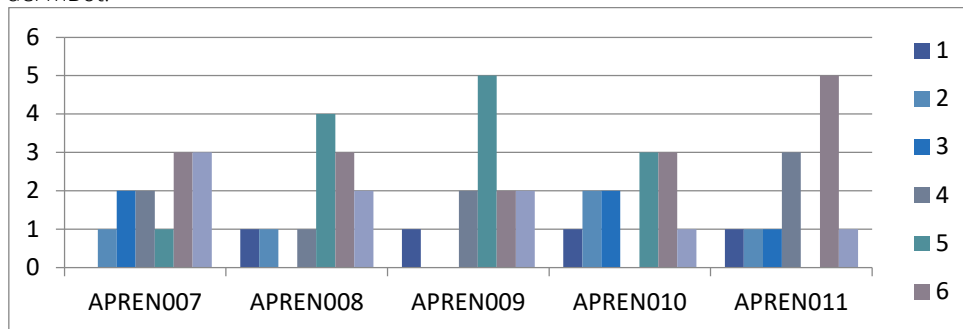
En el gráfico 5 se percibe un reparto más irregular de las puntuaciones en las preguntas, sin distinguir patrones ni elementos que permitan reconocer patrones entre las mujeres que utilizan robots educativos en la materia de Matemáticas. El abanico de respuestas es similar al de los varones, alcanzándose en general puntuaciones por encima de 5 puntos.

Gráfico 5. Frecuencia de la Escala de Aprendizaje Activo en el subgrupo mujeres con uso del mBot.



En el gráfico 6 se observa una frecuencia de respuestas muy heterogénea, en la que las mujeres que no utilizan el mBot en las sesiones de matemáticas tienden a seguir un sutil patrón con puntuaciones que ubican sus respuestas en la zona central. Destaca, así mismo, que las preguntas APREN007 y APREN 011 tienen un número mayor de respuestas diferentes.

Gráfico 6. Frecuencia de la Escala de Aprendizaje Activo en el subgrupo mujeres sin uso del mBot.



La tabla 14 muestra en análisis descriptivo de la escala de Aprendizaje Activo en la que se puede distinguir que la mediana es constante en todas las respuestas alcanzándose en la nueva variable generada un valor de 7,00 para los hombres y 6,00 para las mujeres.

En el caso de los varones en el percentil 25 se obtiene un valor de 6,00, mientras que en los percentiles 50 y 75 se recupera el valor 7,00. En el caso de las mujeres, el percentil 25 devuelve un valor de 5,00 y con un mismo comportamiento ascendente que el caso de los hombres en los percentiles 50 y 75 alcanzan un valor de 6,00.

Tabla 14. Estadísticos descriptivos de la Escala de Aprendizaje Activo.

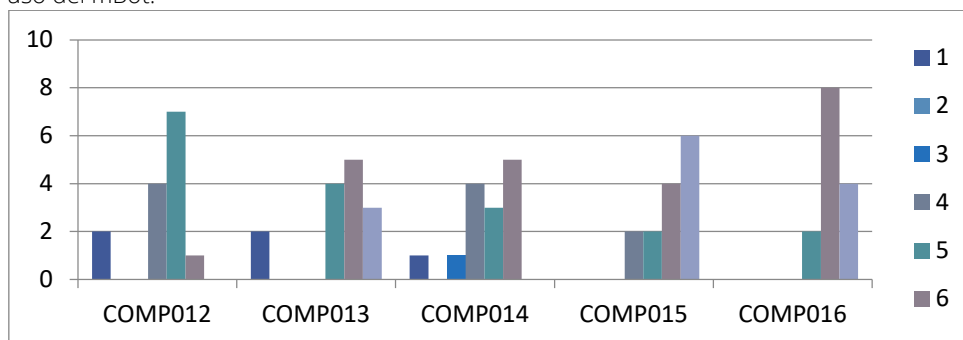
Estadísticos		MEDIANA		MODA		PERCENTIL					
Ítems	mBot					25		50		75	
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
APREN007	Sí	6,00	6,00	5,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	7,00	6,00
	No	5,00	5,50	5,00	6,00*	4,25	3,25	5,00	5,50	6,00	6,75
APREN008	Sí	7,00	5,00	7,00	5,00	5,75	5,00	7,00	5,00	7,00	6,00
	No	6,00	5,00	6,00	5,00	4,25	4,25	6,00	5,00	6,00	6,00
APREN009	Sí	7,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	7,00
	No	6,00	5,00	6,00	5,00	6,00	4,25	6,00	5,00	7,00	6,00
APREN010	Sí	7,00	6,00	7,00	6,00	6,00	4,00	7,00	6,00	7,00	6,00
	No	6,00	5,00	6,00*	5,00*	4,25	2,25	6,00	5,00	7,00	6,00
APREN011	Sí	6,00	7,00	7,00	7,00	5,75	6,00	6,00	7,00	7,00	7,00
	No	6,00	5,00	6,00	6,00	5,00	3,25	6,00	5,00	6,75	6,00
GLOB_APREN	Sí	7,00	6,00	7,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	6,00
	No	6,00	5,50	6,00	6,00	5,00	4,00	6,00	5,50	6,00	6,00

*Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores

5.1.1.2. Escala de Conceptos Computacionales y Ludificación

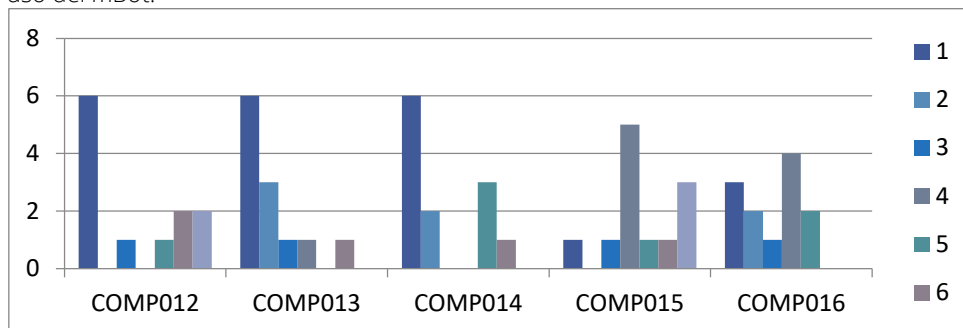
En el gráfico 7 se pueden observar las frecuencias en la Escala de Conceptos Computacionales de los varones que utilizan el mBot para el aprendizaje de coordenadas. Se puede ver que las puntuaciones emitidas por los estudiantes en general están por encima de 5, lo que cabe esperar que estén de acuerdo con lo que les indican los ítems del bloque. En las preguntas 013, 014, 015 y 016 se pueden percibir un patrón sensiblemente similar entre las gráficas.

Gráfico 7. Frecuencia de la Escala de Conceptos Computacionales en el subgrupo hombres con uso del mBot.



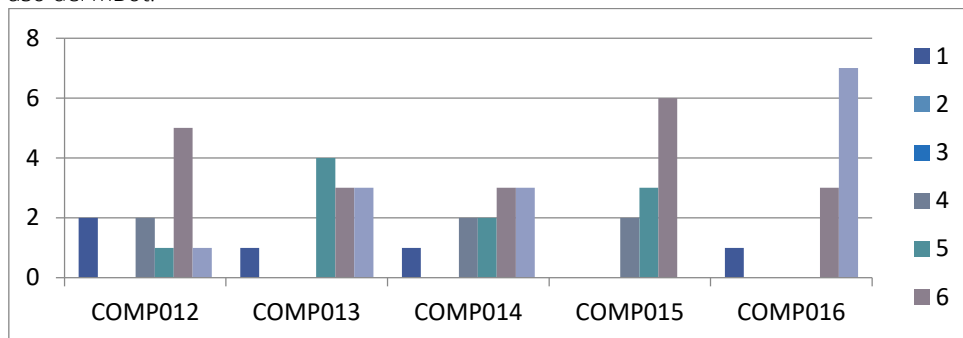
En la frecuencia de la Escala de Conceptos Computacionales se pueden distinguir unas gráficas diferentes a las encontradas con el uso de los dispositivos, apareciendo ya unos resultados más heterogéneos en los que hay puntuaciones bajas, es decir, en desacuerdo con los ítems del cuestionario. En el gráfico 8 se muestra en las preguntas 012, 013 y 014 una frecuencia en puntuaciones muy bajas que destaca sobre las otras. En este gráfico se puede observar una dispersión en los resultados de esta muestra.

Gráfico 8. Frecuencia de la Escala de Conceptos Computacionales en el subgrupo hombres sin uso del mBot.



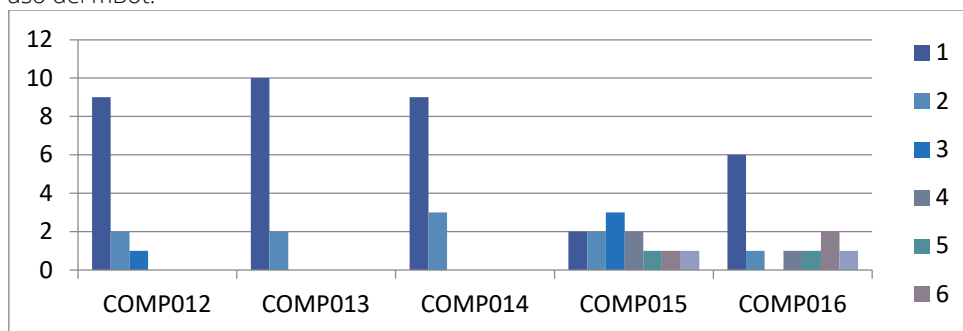
El gráfico 9 muestra la frecuencia de la Escala de Conceptos Computacionales de las mujeres que utilizan los robots educativos en sus sesiones. En el histograma se puede distinguir que las alumnas asignan un valor a las distintas preguntas que está por encima de 4, apareciendo unas gráficas con las barras incrementándose con la puntuación.

Gráfico 9. Frecuencia de la Escala de Conceptos Computacionales en el subgrupo mujeres con uso del mBot.



La frecuencia de la Escala de Conceptos Computacionales de las mujeres que no utilizan mBot en las sesiones prácticas difiere notablemente del que sí lo utilizan y se puede visualizar un gráfico en el que hay valores muy bajos en todas las preguntas del bloque. Esto significa que las alumnas no están de acuerdo con las indicaciones de cada uno de los ítems, mostrando disconformidad.

Gráfico 10. Frecuencia de la Escala de Conceptos Computacionales en el subgrupo mujeres sin uso del mBot.



La tabla 15 muestra los descriptivos de la Escala de Conceptos Computacionales y Ludificación, destacando una mediana en la variable global en los valores que utilizan robots de 5,00 mientras que en los que no lo usan de 2,00. En el caso de las mujeres, el subgrupo de las que trabajan con mBot obtiene un valor de 6,00 y las que no lo usan de 1,00. Analizando el comportamiento de los percentiles, en el 25 se obtienen en ambos géneros valores de 1,00 para los que no lo utilizan frente a 5,00 para los que sí. El centil 50 ya muestra un comportamiento diferenciado, teniendo en el caso de los varones valores 5,00 y 2,00 para los usuarios mientras que las mujeres tienen valores de 6,00 y 1,00 respectivamente. En el percentil 75 tienen ambos valor 6,00 para los que usan robots frente a 4,75 en hombres y 1,75 para mujeres para los que no los usan.

Tabla 15. Estadísticos descriptivos de la Escala de Conceptos Computacionales y Ludificación

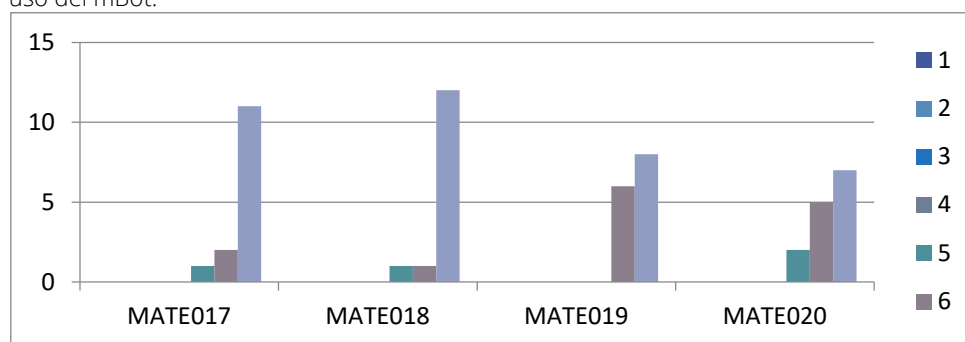
Estadísticos		MEDIANA		MODA		PERCENTIL					
Ítems	mBot					25		50		75	
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
COMP012	Sí	5,00	6,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00	6,00	5,00	6,00
	No	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	6,00	1,75
COMP013	Sí	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,25	7,00
	No	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	2,75	1,00
COMP014	Sí	5,00	6,00	6,00	6,00*	4,00	4,00	5,00	6,00	6,00	7,00
	No	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	5,00	1,75
COMP015	Sí	6,00	6,00	7,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	7,00	6,00
	No	4,00	3,00	4,00	3,00	4,00	2,00	4,00	3,00	6,75	4,75
COMP016	Sí	6,00	7,00	6,00	7,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00	7,00
	No	3,50	1,50	4,00	1,00	1,25	1,00	3,50	1,50	4,00	5,75
GLOB_COMP	Sí	5,00	6,00	5,00*	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00
	No	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	4,75	1,75

*Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores

5.1.1.3. Escala de Conceptos Matemáticos

El gráfico 11 muestra una distribución en la frecuencia de las respuestas en la Escala de Conceptos Matemáticos de los hombres que utilizan robots con unos valores muy positivos ya que todos asignan una puntuación muy alta, prácticamente en valores de 6 ó 7. En el histograma se puede ver una forma muy clara en la que la barra del máximo valor adquiere un especial protagonismo. No se observan puntuaciones bajas en ninguna de las preguntas del bloque.

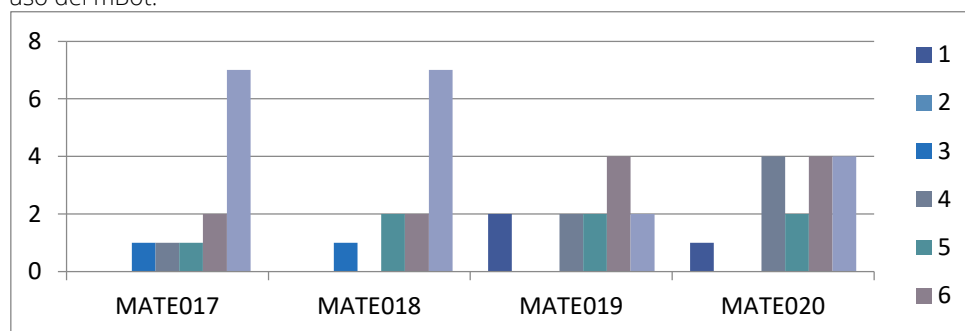
Gráfico 11. Frecuencia de la Escala de Conceptos Matemáticos en el subgrupo hombres con uso del mBot.



La frecuencia en las respuestas de los alumnos que no utilizan robots muestra unas figuras distintas, especialmente en las preguntas 019 y 020 con una forma más dispersa en un rango de respuesta mayor, incluyendo así puntuaciones más bajas. Igualmente se recogen también valores muy bajos que, aunque tienen un carácter aislado, sí están presentes en este conjunto de sujetos (ver gráfico 12).

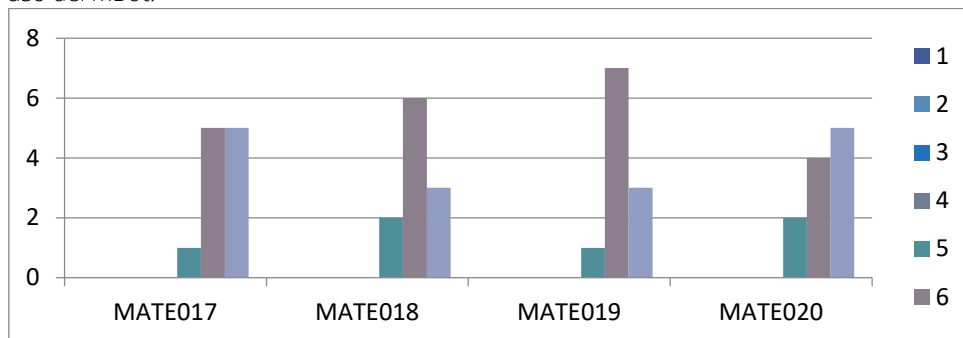
Las preguntas 017 y 018 muestran un patrón gráfico similar al de los hombres que sí utilizan dispositivos digitales en sus sesiones de matemáticas.

Gráfico 12. Frecuencia de la Escala de Conceptos Matemáticos en el subgrupo hombres sin uso del mBot.



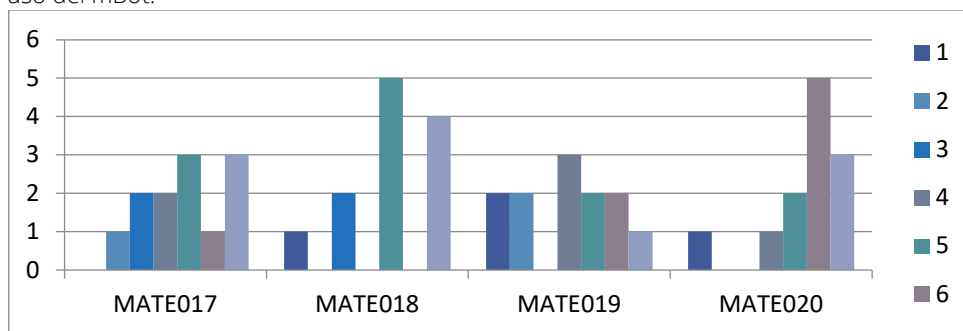
El gráfico 13 muestra la frecuencia de la Escala de Conceptos Matemáticos de las mujeres que utilizan mbot en sus sesiones con unos resultados similares a los de los varones. Las figuras muestran una distribución de las barras creciente y no se observan puntuaciones bajas dispersas.

Gráfico 13. Frecuencia de la Escala de Conceptos Matemáticos en el subgrupo mujeres con uso del mBot.



La frecuencia mostrada en el gráfico 14 tiene un comportamiento menos predictivo y más heterogéneo en el que se registran respuestas de un rango elevado de puntuaciones. En las preguntas 017, 018 y 019 no se puede localizar un patrón gráfico sólido, mientras que en la 020 sigue la tendencia del resto de los subgrupos en los que destacan los valores superiores a 6.

Gráfico 14. Frecuencia de la Escala de Conceptos Matemáticos en el subgrupo mujeres sin uso del mBot.



La tabla 16 muestra los estadísticos donde destaca en la variable global una mediana de 7,00 para los varones que utilizan robots frente a 6,00 para los que no lo hacen y de 6,00 para las mujeres que sí utilizan dispositivos y 5,00 para las que no lo hacen. A nivel de diferencias en los percentiles 25, 50 y 75 no se observan diferencias considerables, ya que las variaciones de los pares tanto en hombres como en mujeres es muy similar, pasando de 6,50 a 6,00 en los varones y de 6,00 a 4,25 en las mujeres que usan mBot en matemáticas en el centil 25; en el centil 50 los alumnos que los utilizan muestran una mediana de 7,00 frente a 6,00 para los que no los utilizan mientras que las alumnas tienen unos valores de 6,00 y 5,00 respectivamente. El percentil 75 devuelve unas cifras iguales a los dos géneros de 7,00 para los usuarios.

Tabla 16. Estadísticos descriptivos de la Escala de Conceptos Matemáticos

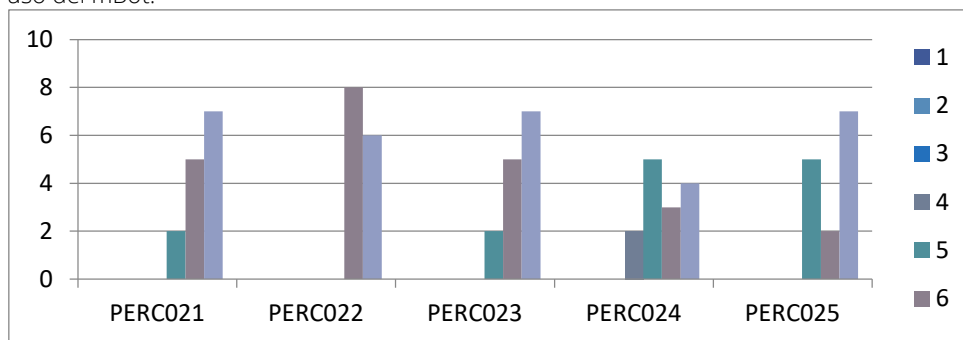
Estadísticos		MEDIANA		MODA		PERCENTIL					
						25		50		75	
Ítems	mBot	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
MATE017	Sí	7,00	6,00	7,00	6,00*	6,75	6,00	7,00	6,00	7,00	7,00
	No	7,00	5,00	7,00	5,00*	5,25	3,25	7,00	5,00	7,00	6,75
MATE018	Sí	7,00	6,00	7,00	6,00	7,00	6,00	7,00	6,00	7,00	7,00
	No	7,00	5,00	7,00	5,00	5,25	3,50	7,00	5,00	7,00	7,00
MATE019	Sí	7,00	6,00	7,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	7,00
	No	5,50	4,00	6,00	4,00	4,00	2,00	5,50	4,00	6,00	5,75
MATE020	Sí	6,50	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	6,50	6,00	7,00	7,00
	No	6,00	6,00	6,00*	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	7,00	6,75
GLOB_MATE	Sí	7,00	6,00	7,00	6,00	6,50	6,00	7,00	6,00	7,00	7,00
	No	6,00	5,00	6,00	5,00	6,00	4,25	6,00	5,00	6,87	6,37

*Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores

5.1.1.4. Escala de Utilidad Percibida

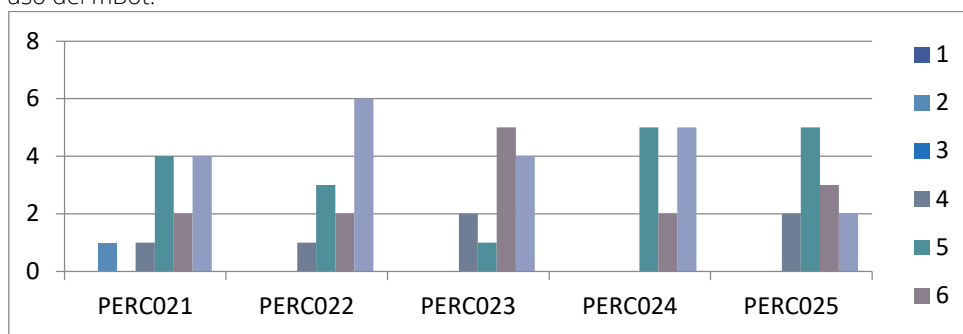
En el gráfico 15 se puede observar la frecuencia de la Escala de Utilidad Percibida en el subgrupo hombres con el uso de robots educativos. En ella destacan las altas puntuaciones asignadas por los estudiantes, en las que prácticamente todas están por encima del valor 5. Eso implica que están de acuerdo con los contenidos de los ítems del broque presentado.

Gráfico 15. Frecuencia de la Escala de Utilidad Percibida en el subgrupo hombres con uso del mBot.



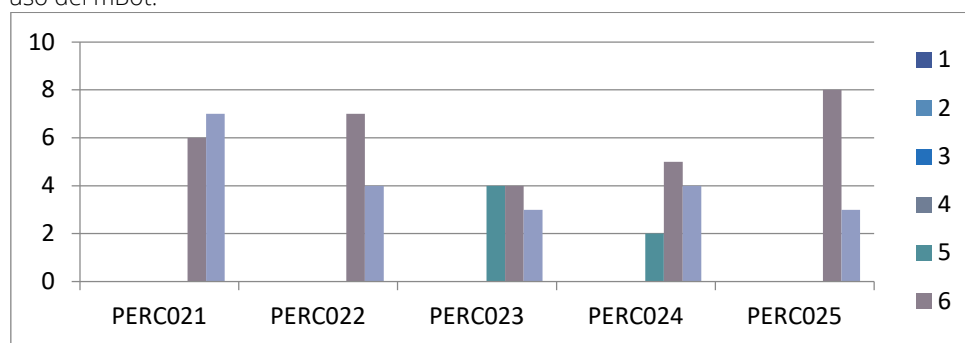
El gráfico 16 muestra el histograma con los resultados del subgrupo hombres sin uso de robots educativos, y en él se puede ver una distribución de los resultados homogénea en las preguntas que componen el bloque. Todas las preguntas incluyen respuestas seleccionadas por debajo de 5, mostrando unas barras con una distribución más amplia y menos acentuada en ninguna de ellas.

Gráfico 16. Frecuencia de la Escala de Utilidad Percibida en el subgrupo hombres sin uso del mBot.



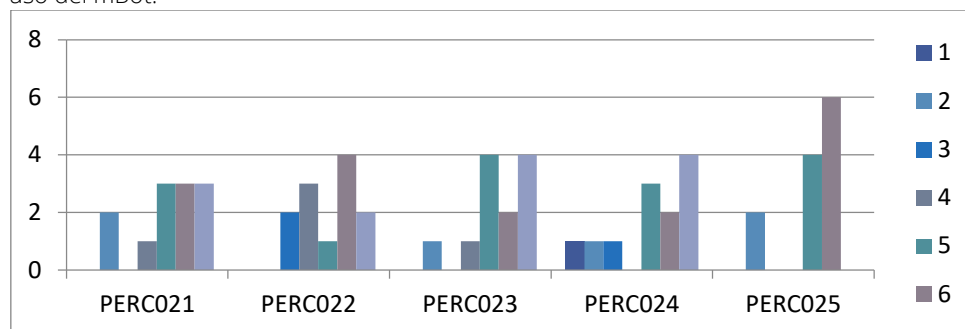
La frecuencia de la Escala de Utilidad Percibida de las mujeres que utilizan robots en el aula del gráfico 17 muestra un comportamiento similar en todas las preguntas del bloque, viéndose, que en la mayoría de los ítems las respuestas son 6 ó 7. Esto no es igual en todas ellas, puesto que en las preguntas 022 y 025 los valores se invierten teniendo un mayor número de valores el 6.

Gráfico 17. Frecuencia de la Escala de Utilidad Percibida en el subgrupo mujeres con uso del mBot.



En el gráfico 18 se presenta la frecuencia de la Escala de Utilidad Percibida de las mujeres que no utilizan robots en el aula, apareciendo unos histogramas heterogéneos en los que el rango de respuestas seleccionado por las alumnas es amplio. No se aprecia ningún patrón gráfico reconocible.

Gráfico 18. Frecuencia de la Escala de Utilidad Percibida en el subgrupo mujeres sin uso del mBot.



La tabla 17 recoge los estadísticos de la Escala de Utilidad Percibida en la que se pueden observar las medianas de la variable global en los varones, siendo de 6,00 en el caso de los que usan robots y de 5,50 en los que no usan y de 6,00 en las mujeres, tanto si utilizan o no usan robots.

El comportamiento en los centiles 25, 50 y 75 es muy similar en los subgrupos que usan mBot y no lo hacen, así tanto en varones como en mujeres que usan dispositivos se obtienen unos valores de 6,00, 6,00 y 7,00.

Tabla 17. Estadísticos descriptivos de la Escala de Utilidad Percibida.

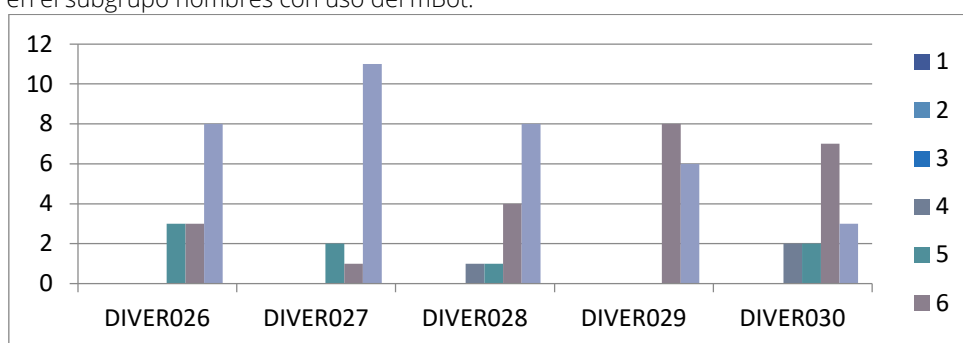
Estadísticos		MEDIANA		MODA		PERCENTIL					
Ítems	mBot	♂	♀	♂	♀	25		50		75	
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
PERC021	Sí	6,50	6,00	7,00	6,00	6,00	6,00	6,50	6,00	7,00	7,00
	No	5,50	5,50	5,00*	5,00*	5,00	4,25	5,50	5,50	7,00	6,75
PERC022	Sí	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
	No	6,50	5,50	7,00	6,00	5,00	4,00	5,50	5,50	7,00	6,00
PERC023	Sí	6,50	6,00	7,00	5,00*	6,00	5,00	6,50	6,00	7,00	7,00
	No	6,00	5,50	6,00	5,00*	5,25	5,00	6,00	5,50	7,00	7,00
PERC024	Sí	5,50	6,00	5,00	6,00	5,00	6,00	5,50	6,00	7,00	7,00
	No	6,00	5,50	5,00*	7,00	5,00	3,50	6,00	5,50	7,00	7,00
PERC025	Sí	6,50	6,00	7,00	6,00	5,00	6,00	6,50	6,00	7,00	7,00
	No	5,00	5,50	5,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,50	6,00	6,00
GLOB_PERC	Sí	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00
	No	5,50	6,00	5,00	6,00	5,00	4,25	5,50	6,00	7,00	6,00

*Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores

5.1.1.5. Escala de Diversión/disfrute durante las actividades de Aprendizaje

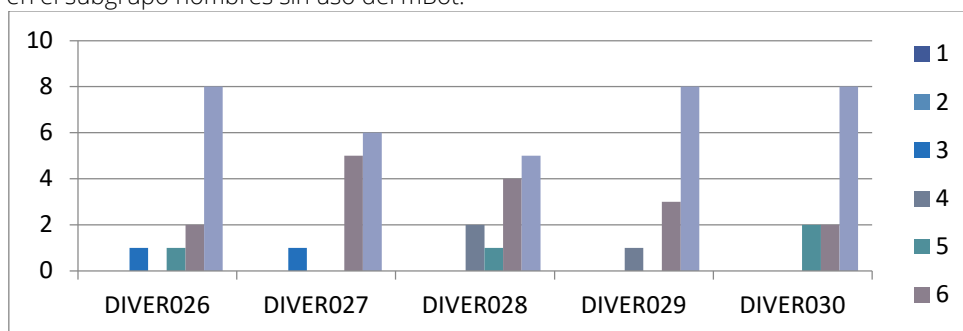
En el gráfico 19 se presenta la frecuencia de la Escala de Diversión/disfrute durante las actividades de Aprendizaje de los varones que utilizan el mBot en matemáticas, mostrando una tendencia en todas las preguntas donde los valores 6 y 7 toman especial protagonismo. Se puede observar un patrón común en este grupo que destaca que los alumnos están de acuerdo con los enunciados de los ítems.

Gráfico 19. Frecuencia de la Escala de Diversión/disfrute durante las Actividades de Aprendizaje en el subgrupo hombres con uso del mBot.



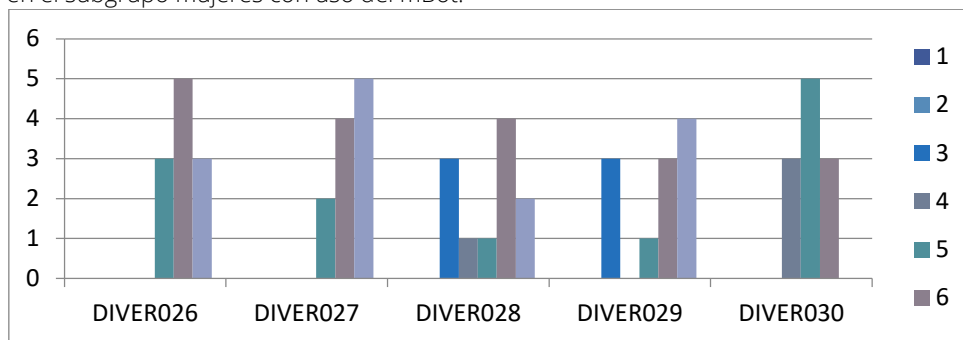
El gráfico 20 muestra la frecuencia de las distintas respuestas de los varones que no utilizan robots en sus sesiones prácticas. Cabe destacar que también se repite un patrón en el que destaca el valor más elevado, sobresaliendo esa barra por encima de las otras. En las preguntas 026 y 027 se observan unos valores más bajos que la tendencia del subgrupo con una puntuación de 3.

Gráfico 20. Frecuencia de la Escala de Diversión/disfrute durante las Actividades de Aprendizaje en el subgrupo hombres sin uso del mBot.



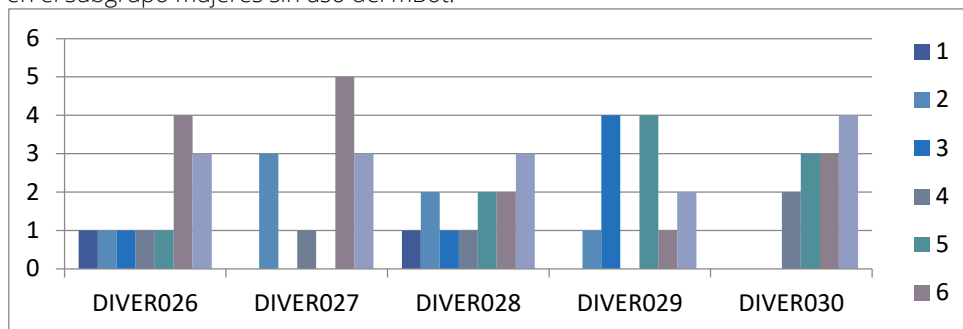
En el gráfico 21 se pueden ver los resultados en la Escala de Diversión/disfrute durante las Actividades de Aprendizaje en las mujeres que usan robots en matemáticas. Los histogramas muestran que en las preguntas 026, 027 y 030 los valores están por encima de 5 puntos, mientras que en las otras se encuentran puntuaciones de 3. Hay más estudiantes que no están totalmente de acuerdo con lo señalado en los ítems del cuestionario.

Gráfico 21. Frecuencia de la Escala de Diversión/disfrute durante las Actividades de Aprendizaje en el subgrupo mujeres con uso del mBot.



En el gráfico 22 se muestran las frecuencias de las alumnas que no utilizan mBot en sus clases y en ellos no se pueden observar patrones reconocibles. El rango de respuestas es mucho mayor, apareciendo en todas las preguntas una variedad que imposibilita localizar una tendencia entre las jóvenes.

Gráfico 22. Frecuencia de la Escala de Diversión/disfrute durante las Actividades de Aprendizaje en el subgrupo mujeres sin uso del mBot.



La tabla 18 muestra los estadísticos descriptivos de la Escala de Diversión/disfrute durante las Actividades de Aprendizaje, y de ella se pueden extraer una mediana en la variable global de los varones que utilizan robots de 6,50, en caso de no utilizarlos se obtiene un valor de 7,00 mientras que las mujeres que usan robots tienen una mediana de 5,00 y si no los utilizan de 5,50. Observando el percentil 25, los varones no muestran diferencia alguna, devolviendo un valor 6,00, mientras que las mujeres que usan robots tienen un valor de 5,00 y si no los usan de 3,25. En cuanto al centil 50, los hombres que no usan obtienen 6,50 y si los usan alcanzan los 7,00; las mujeres pasan de 5,00 en el primer caso a 5,50 en el segundo. El centil 75 no arroja cambios con el uso de robots, apareciendo 7,00 en alumnos y 6,00 en alumnas.

Tabla 18. Estadísticos descriptivos de la Escala de Diversión/Disfrute durante las Actividades.

Estadísticos		MEDIANA		MODA		PERCENTIL					
						25		50		75	
Ítems	mBot	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
DIVER026	Sí	7,00	6,00	7,00	6,00	5,75	5,00	7,00	6,00	7,00	7,00
	No	7,00	6,00	7,00	6,00	6,00	3,25	7,00	6,00	7,00	6,75
DIVER027	Sí	7,00	6,00	7,00	7,00	6,75	6,00	7,00	6,00	7,00	7,00
	No	6,50	6,00	7,00	6,00	6,00	2,50	6,50	6,00	7,00	6,75
DIVER028	Sí	7,00	6,00	7,00	6,00	6,00	3,00	7,00	6,00	7,00	6,00
	No	6,00	5,00	7,00	7,00	5,25	2,25	6,00	5,00	7,00	6,75
DIVER029	Sí	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	3,00	6,00	6,00	7,00	7,00
	No	7,00	5,00	7,00	3,00*	6,00	3,00	7,00	5,00	7,00	5,75
DIVER030	Sí	6,00	5,00	6,00	5,00	5,00	4,00	6,00	5,00	6,25	6,00
	No	7,00	6,00	7,00	7,00	6,00	5,00	7,00	6,00	7,00	7,00
GLOB_DIVER	Sí	6,50	5,00	7,00	5,00*	6,00	5,00	6,50	5,00	7,00	6,00
	No	7,00	5,50	7,00	6,00	6,00	3,25	7,00	5,50	7,00	6,00

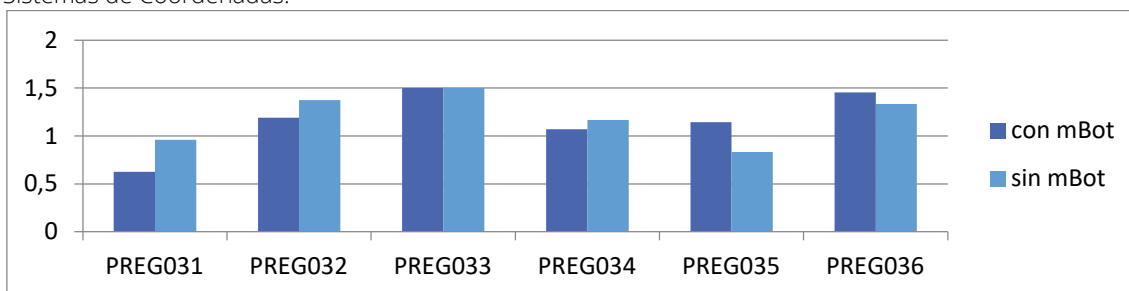
*Existen varias modas. Se muestra el menor de los valores.

5.1.2. Conocimiento de los Sistemas de Coordenadas

Los estadísticos descriptivos del Conocimiento de los Sistemas de Coordenadas tienen un tratamiento diferente puesto que se trata de variables paramétricas, por lo que se analiza la media, la D.T., los mínimos y máximos y percentiles, elementos que permiten tener un acercamiento a los resultados obtenidos por el alumnado (ver tabla 19).

En el gráfico 23 se muestran las medias de los resultados de los varones en cada una de las preguntas del cuestionario, discriminando por el uso del mBot. Los datos se presentan en histograma en el que se puede observar que en las preguntas 031, 032 y 034 las puntuaciones mejoran con la utilización de robots educativos, tendencia que se invierte en la 035 y 036.

Gráfico 23. Puntuación de los varones en las preguntas del cuestionario de Conocimiento de los Sistemas de Coordenadas.



En el gráfico 24 se pueden ver las medias de los resultados de las mujeres de las preguntas del cuestionario, discriminando también en el uso de robot educativo. En el histograma destacan valores muy similares en las preguntas 031, 032 y 033, produciéndose una mejoría en los resultados al usar nBot en las preguntas 034 y 035, mientras que en la pregunta 036 los resultados mejoran cuando no se utilizan los dispositivos.

Gráfico 24. Puntuación de las mujeres en las preguntas del cuestionario de Conocimiento de los Sistemas de Coordenadas.

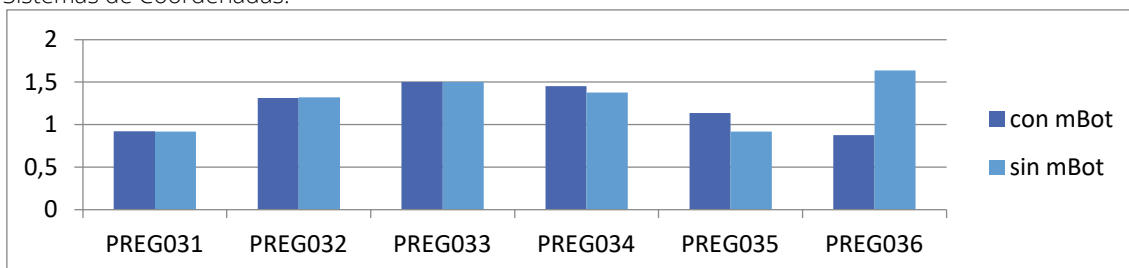


Tabla 19. Estadísticos descriptivos del Conocimiento de los Sistemas de Coordenadas.

Estadísticos		MEDIA		D.T.		MÍNIMO		MÁXIMO		PERCENTIL					
Ítems	mBot	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	25		50		75	
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
PREG031	Sí	0,625	0,920	0,114	0,128	0,625	0,625	1,000	1,000	0,875	0,875	0,937	1,000	1,000	1,000
	No	0,958	0,916	0,081	0,097	0,750	0,750	1,000	1,000	0,906	0,875	1,000	0,937	1,000	1,000
PREG032	Sí	1,191	1,312	0,480	0,443	0,375	0,000	1,500	1,500	0,562	1,312	1,500	1,500	1,500	1,500
	No	1,375	1,322	0,269	0,439	0,562	0,375	1,500	2,000	1,312	1,312	1,500	1,500	1,500	1,500
PREG033	Sí	1,500	1,500	0,000	0,000	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
	No	1,500	1,500	0,000	0,000	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
PREG034	Sí	1,071	1,454	0,851	0,756	0,000	0,500	2,000	2,000	0,500	0,500	0,500	2,000	2,000	2,000
	No	1,166	1,375	0,861	0,607	0,000	0,500	2,000	2,000	0,125	1,000	1,250	1,250	2,000	2,000
PREG035	Sí	1,142	1,136	0,841	0,595	0,000	0,500	2,000	2,000	0,375	0,500	1,000	1,000	2,000	2,000
	No	0,833	0,916	0,717	0,848	0,000	0,000	2,000	2,000	0,000	0,000	1,000	1,250	1,500	1,500
PREG036	Sí	1,454	0,876	0,751	0,820	0,000	0,500	2,000	2,000	0,999	0,000	2,000	0,727	2,000	2,000
	No	1,333	1,636	0,736	0,671	0,000	0,181	2,000	2,000	0,772	1,045	1,454	2,000	2,000	2,000

5.2. Análisis de la influencia del uso del mBot en el trabajo con coordenadas cartesianas

Para el estudio de la influencia del uso del MBot en el aula se aplica la prueba de Mann-Whitney por tratarse de una prueba no paramétrica que permite comparar diferencias entre dos grupos independientes. El objetivo es valorar si es posible o no aceptar la hipótesis nula de que las muestras proceden de dos subpoblaciones en las que la probabilidad de obtener en la primera un resultado menor que en la segunda es igual que la probabilidad de obtener un resultado mayor, es decir, que no se encuentran diferencias significativas entre los dos subgrupos analizados. A continuación se presentan los resultados y los gráficos obtenidos en los distintos ítems de las escalas, valorando además una variable global de cada uno de los grupos estudiados.

5.2.1. Escala de Aprendizaje Activo

La tabla 20 muestra los resultados de la prueba de Mann-Whitney aplicados a la Escala de Aprendizaje Activo donde se puede apreciar que no se puede aceptar la hipótesis nula en los ítems 009, 010 y 011 y en la variable global, lo que implica que se encuentran diferencias entre el grupo experimental y el grupo control. Sin embargo, y con una fuerza muy ligera, esta tendencia cambia en los ítems 007 y 008. Cabe destacar, no obstante, que debido a que los valores de la significación asintótica son muy bajos hay que ser muy prudente con las afirmaciones emitidas con estos datos.

Tabla 20. Prueba de Mann-Whitney aplicado a la Escala de Aprendizaje Activo.

VARIABLE	PRUEBA	PRUEBA DE MANN-WHITNEY	
		U de Mann-Whitney	Sig. Asintót (bilateral)
APREN007		207,000	0,054
APREN008		218,500	0,091
APREN009		192,000	0,023*
APREN010		181,000	0,014*
APREN011		154,000	0,002*
GLOB_APREN		146,500	0,001*

*Diferencias estadísticamente significativas

En los gráficos 25, 26, 27, 28, 29 y 30 se puede observar la distribución de las respuestas de los ítems de la Escala de Aprendizaje Activo. En la zona de la izquierda con color azul aparecen las frecuencias de los sujetos que no utilizaron robots educativos y en la derecha con color verde están los que sí los utilizaron.

Gráfico 25. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 007.

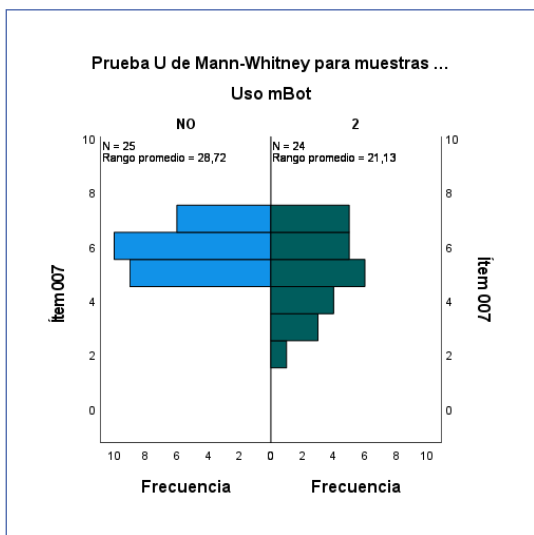


Gráfico 26. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 008.

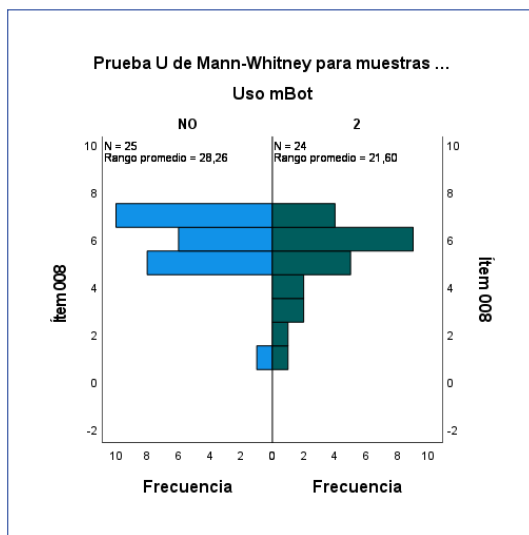


Gráfico 27. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 009.

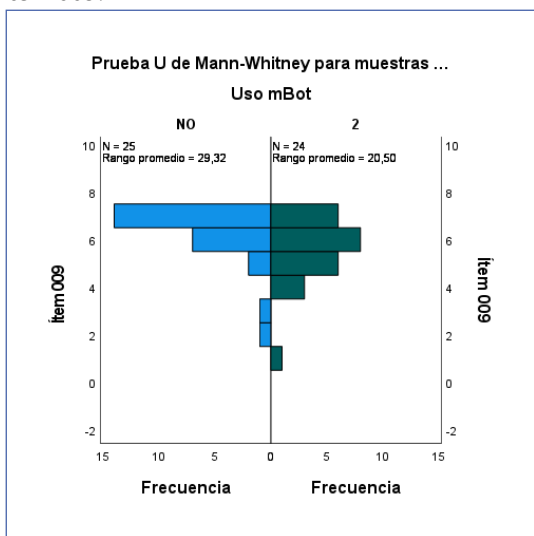


Gráfico 28. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 010.

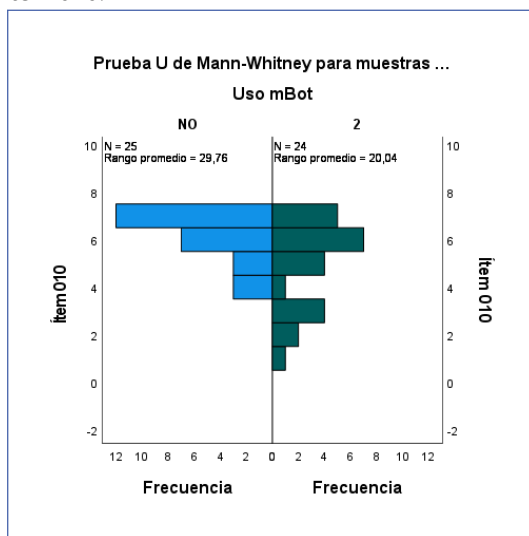


Gráfico 29. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 011.

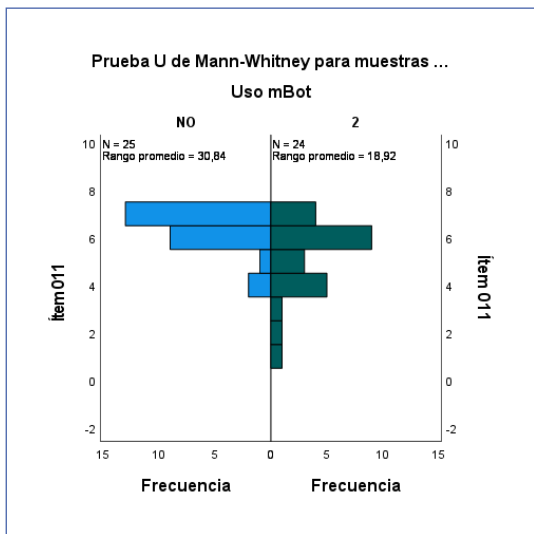
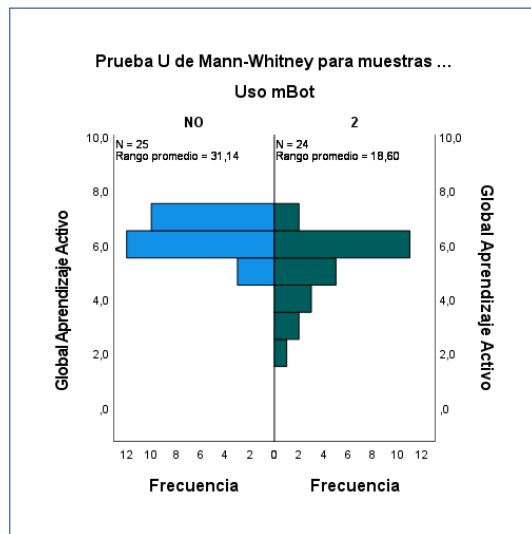


Gráfico 30. Prueba U de Mann-Whitney para la variable Global.



5.2.2. Escala de Conceptos Computacionales y Ludificación

En la tabla 21 se puede observar los resultados de la prueba de Mann-Whitney aplicados a la Escala de Conceptos Computacionales y Ludificación en la que se aprecia que se no puede aceptar la hipótesis nula, encontrándose diferencias entre los dos grupos de población estudiados en términos de tendencia central. Los valores de la distribución asintótica permiten afirmar que existen diferencias entre el grupo experimental y el de control en las clases de matemáticas.

Tabla 21. Prueba de Mann-Whitney aplicada a la escala de Conceptos Computacionales y Ludificación

VARIABLE	PRUEBA	PRUEBA DE MANN-WHITNEY	
		U de Mann-Whitney	Sig. Asintót (bilateral)
COMP012		151,000	0,002*
COMP013		60,000	0,000*
COMP014		77,500	0,000*
COMP015		143,000	0,001*
COMP016		56,000	0,000*
GLOB_COMP		71,000	0,000*

*Diferencias estadísticamente significativas

Los gráficos 31, 32, 33, 34, 35 y 36 muestran la distribución de las respuestas de los ítems de la Escala de Conceptos Computacionales y Ludificación. Se encuentran patrones que apuntan a valorar los distintos subgrupos como diferentes.

Gráfico 31. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 012.

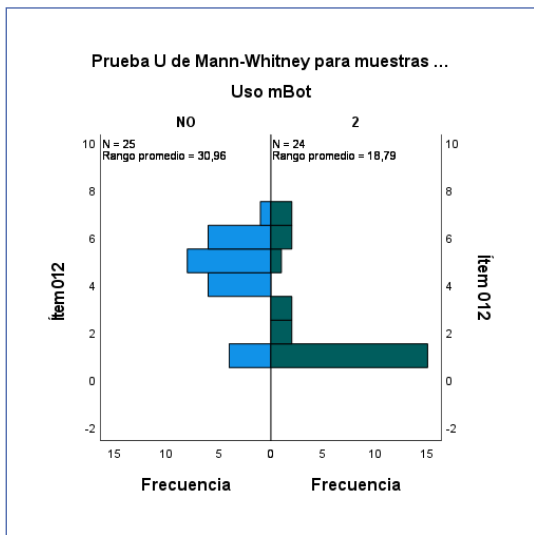


Gráfico 32. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 013.

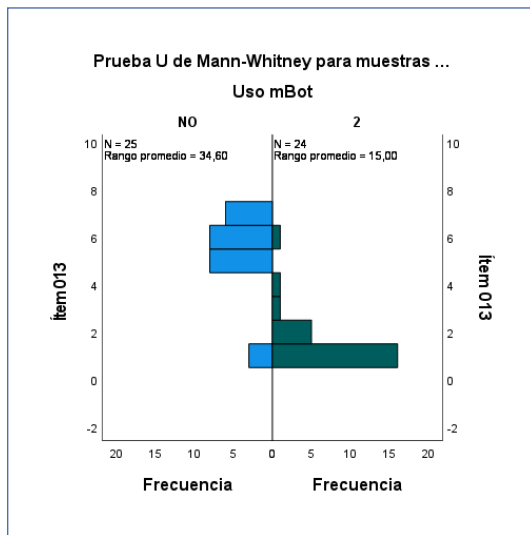


Gráfico 33. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 014.

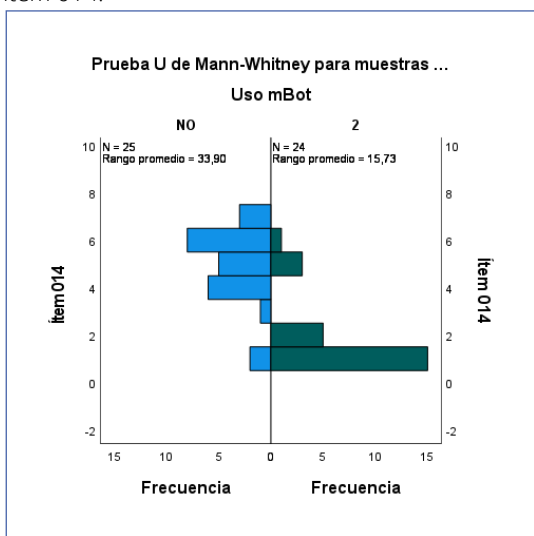


Gráfico 34. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 015.

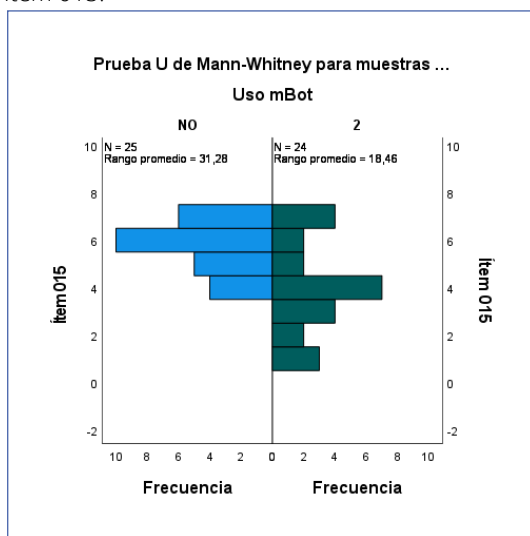


Gráfico 35. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 016.

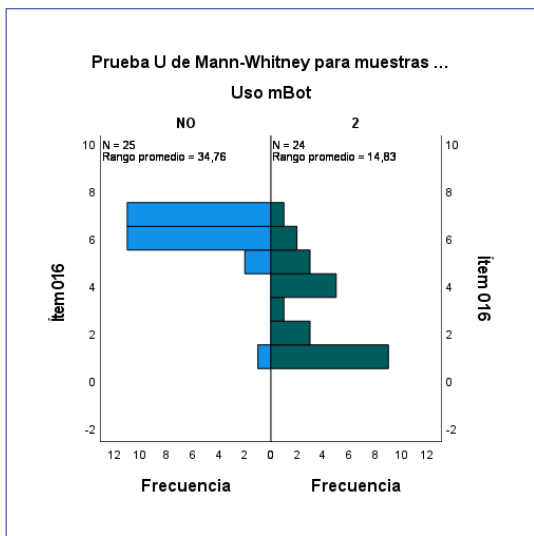
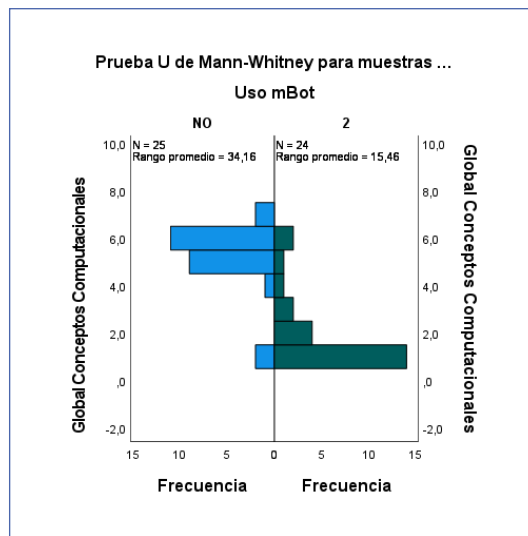


Gráfico 36. Prueba U de Mann-Whitney para la variable Global.



5.2.3. Escala de Conceptos Matemáticos

La tabla 22 muestra los resultados de la prueba de Mann-Whitney aplicados a la Escala de Conceptos Matemáticos en la que se puede observar que no se puede aceptar la hipótesis nula en los ítems 017, 019 y en la variable global. Esto implica que se encuentran diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control. Los ítems 018 y 020 devuelven unos valores diferentes, lo que implica que el trabajo con mBot no supone efectos sobre los estudiantes. No obstante y debido a la poca fuerza con la que se obtienen los datos de estos ítems, es conveniente tomar con cautela cualquier tipo de afirmación.

Tabla 22. Prueba de Mann-Whitney aplicada a la escala de Conceptos Matemáticos.

VARIABLE	PRUEBA	PRUEBA DE MANN-WHITNEY	
		U de Mann-Whitney	Sig. Asintót (bilateral)
MATE017		190,500	0,017*
MATE018		216,000	0,066
MATE019		105,500	0,000*
MATE020		217,500	0,080
GLOB_MATE		145,000	0,001*

*Diferencias estadísticamente significativas

En los gráficos 37, 38, 39, 40 y 41 se observa la distribución de las respuestas de los ítems de la Escala de Conceptos Matemáticos. Se puede visualizar que los ítems 018 y 020 muestran un patrón que sugiere que no existen diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control.

Gráfico 37. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 017.

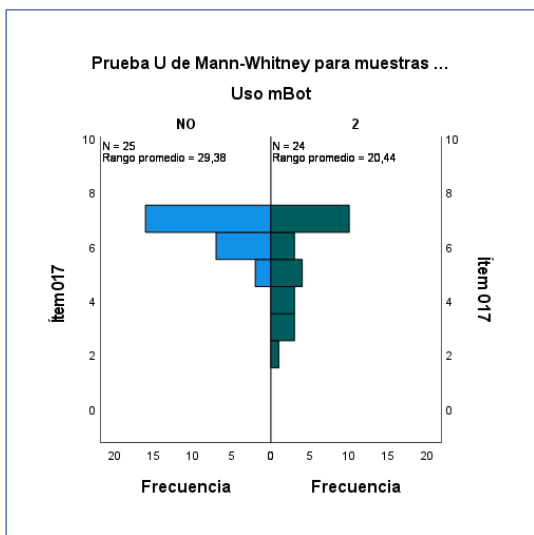


Gráfico 38. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 018.

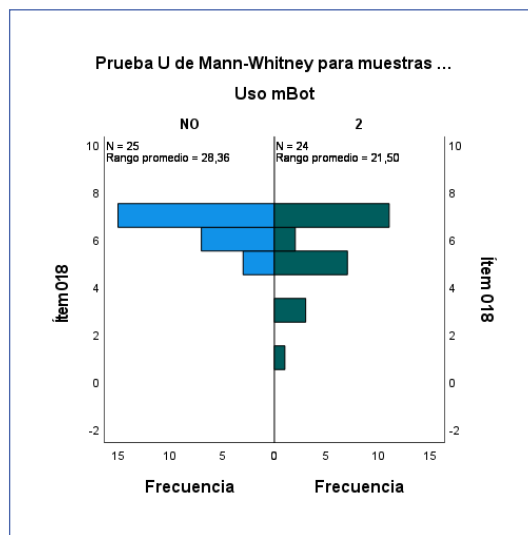


Gráfico 39. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 019.

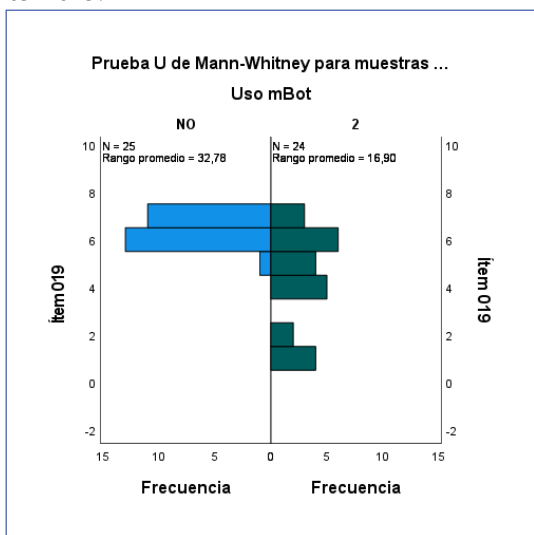


Gráfico 40. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 020.

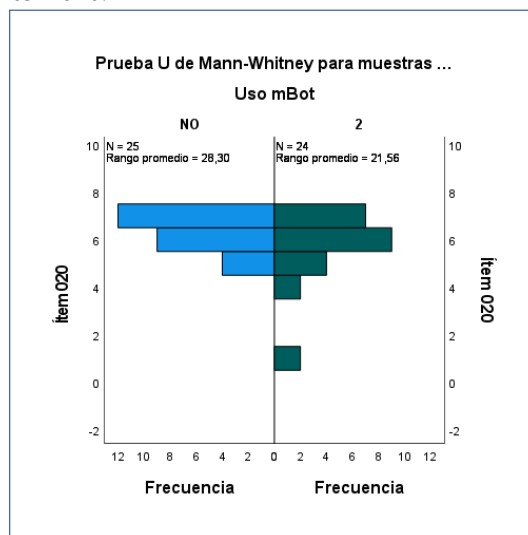
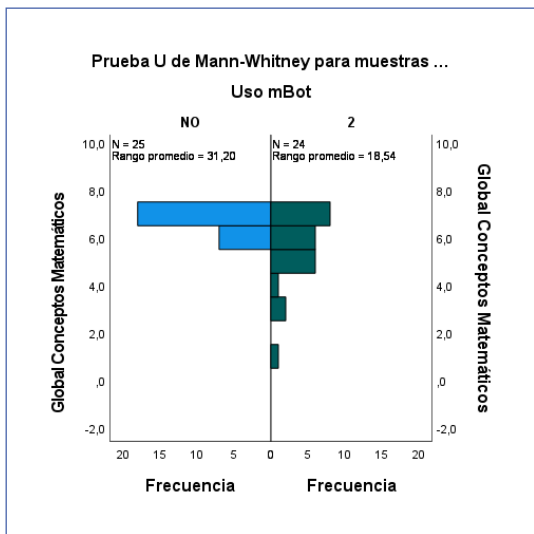


Gráfico 41. Prueba U de Mann-Whitney para la variable Global.



5.2.4. Escala de Utilidad Percibida

En la tabla 23 se pueden observar los resultados de la prueba de Mann-Whitney aplicados a la Escala de Utilidad Percibida en la que se muestra que en los ítems 021, 022, 025 y la variable global no se puede aceptar la hipótesis nula que implica que se encuentran diferencias en los subgrupos generados para el estudio. En los ítems 023 y 024 no se encuentran diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control.

Tabla 23. Prueba de Mann-Whitney aplicada a la escala de Utilidad Percibida

VARIABLE	PRUEBA	PRUEBA DE MANN-WHITNEY	
		U de Mann-Whitney	Sig. Asintót (bilateral)
PERC021		177,500	0,010*
PERC022		205,000	0,042*
PERC023		248,500	0,279
PERC024		285,000	0,754
PERC025		152,500	0,002*
GLOB_PERC		186,000	0,015*

*Diferencias estadísticamente significativas

En los gráficos 42, 43, 44, 45, 46 y 47 se observa la distribución de las respuestas de los ítems de la Escala de Utilidad Percibida. Se puede visualizar que los ítems 023 y 024 muestran un patrón que invita a pensar que no se pueden encontrar diferencias entre los subgrupos analizados.

Gráfico 42. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 021.

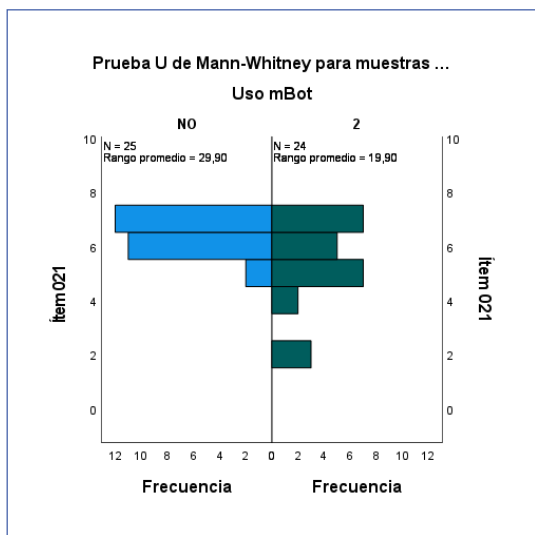


Gráfico 43. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 022.

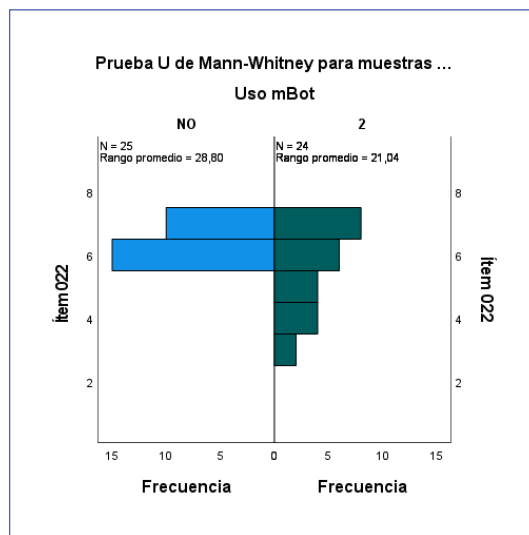


Gráfico 44. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 023.

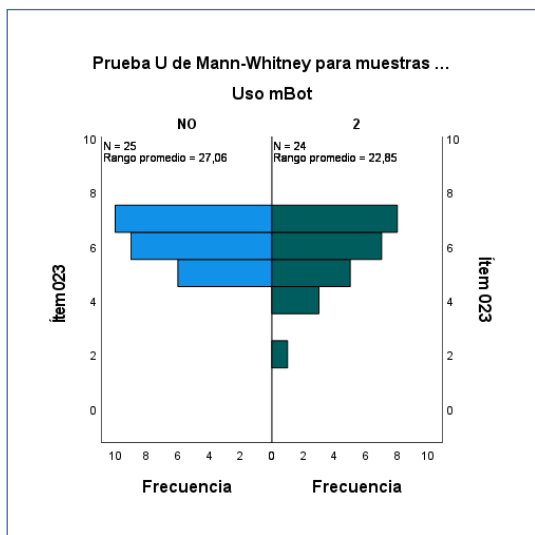


Gráfico 45. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 024.

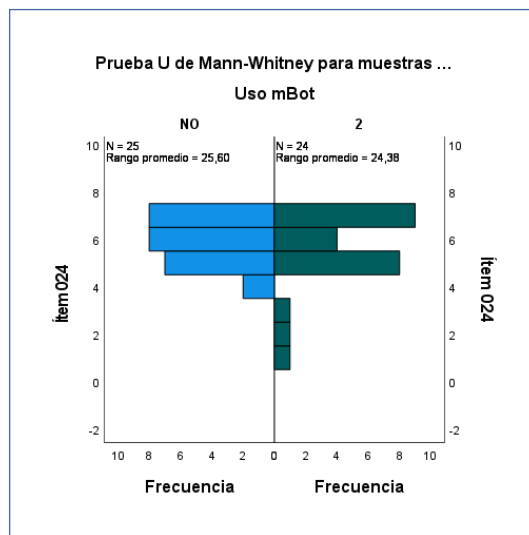


Gráfico 46. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 025.

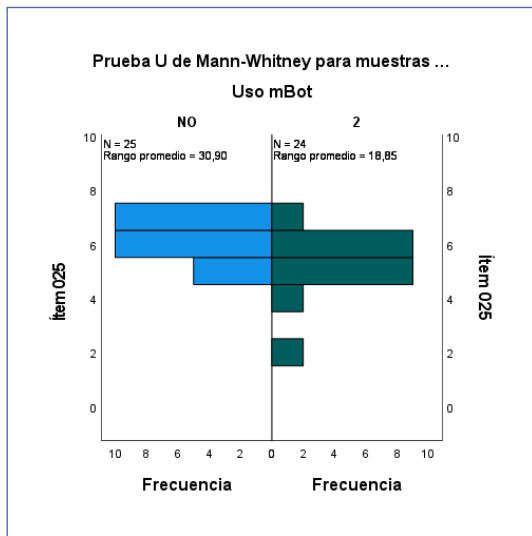
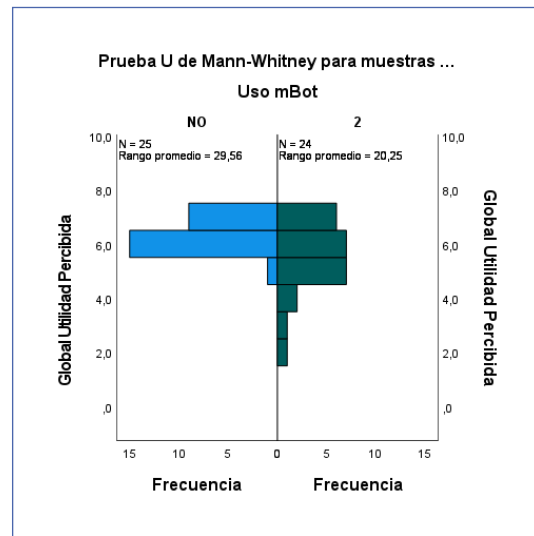


Gráfico 47: Prueba U de Mann-Whitney para la variable Global



5.2.5. Escala de Diversión/disfrute durante las actividades de Aprendizaje

La tabla 24 muestra los resultados de la prueba de Mann-Whitney aplicados a la escala de Diversión/disfrute durante las actividades de Aprendizaje en la que no se puede aceptar la hipótesis nula en los ítems 027 y 030, por lo que se encuentran diferencias significativas entre los grupos. En otro sentido responden los ítems 026, 028, 029 y la variable global, que sí muestran valores significativos con fuerza suficiente para afirmar que el uso de robots educativos no tiene efectos sobre los estudiantes.

Tabla 24. Prueba de Mann-Whitney aplicada a la escala de Diversión/disfrute durante las actividades de Aprendizaje.

VARIABLE	PRUEBA	PRUEBA DE MANN-WHITNEY	
		U de Mann-Whitney	Sig. Asintót (bilateral)
DIVER026		280,500	0,678
DIVER027		218,000	0,073*
DIVER028		257,500	0,377
DIVER029		261,000	0,411
DIVER030		414,500	0,017*
GLOB_DIVER		288,500	0,810

*Diferencias estadísticamente significativas

Los gráficos 48, 49, 50, 51, 52 y 53 se puede observar la distribución de las respuestas de los ítems de la Escala de Diversión/disfrute durante las actividades de Aprendizaje.

Gráfico 48. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 026.

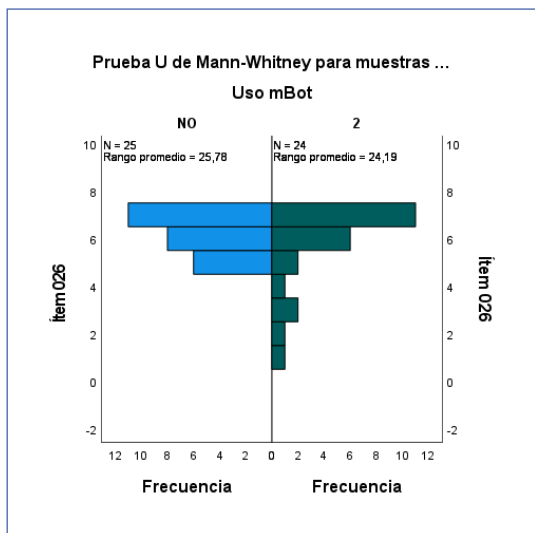


Gráfico 49. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 027.

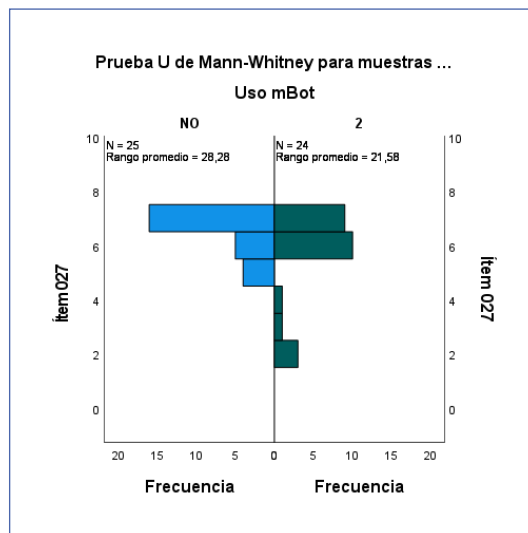


Gráfico 50. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 028.

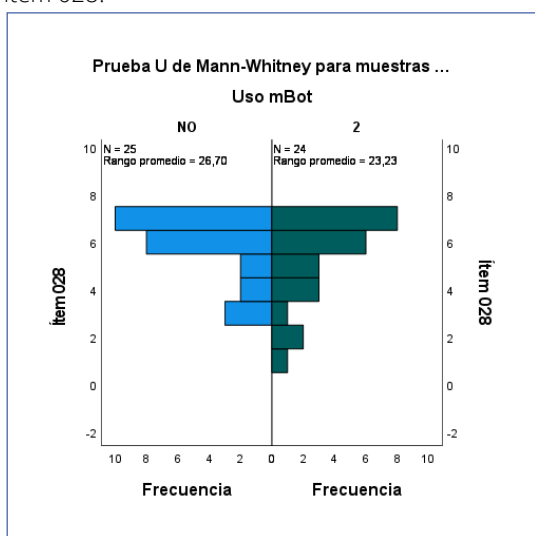


Gráfico 51. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 029.

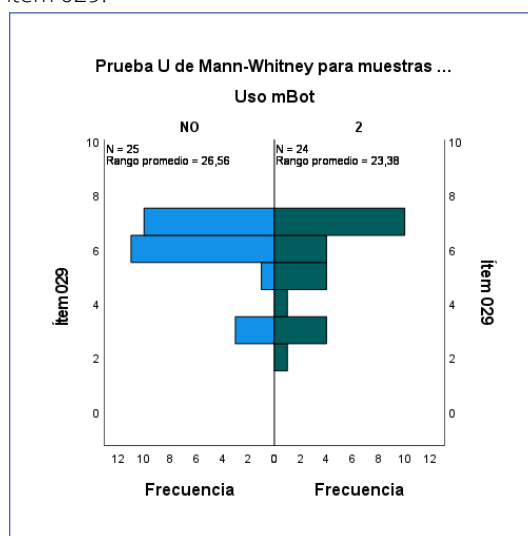


Gráfico 52. Prueba U de Mann-Whitney para el ítem 030.

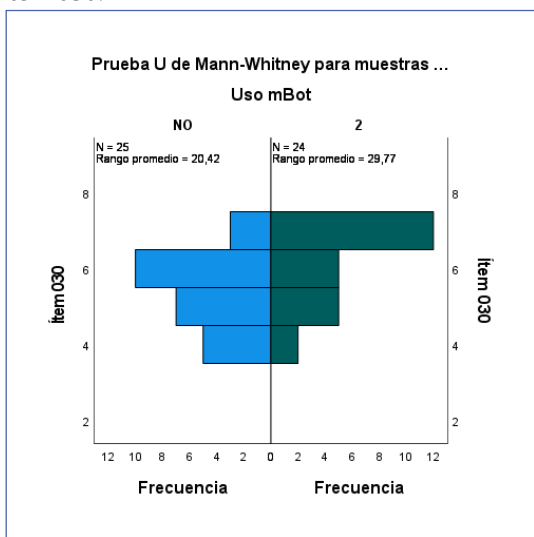
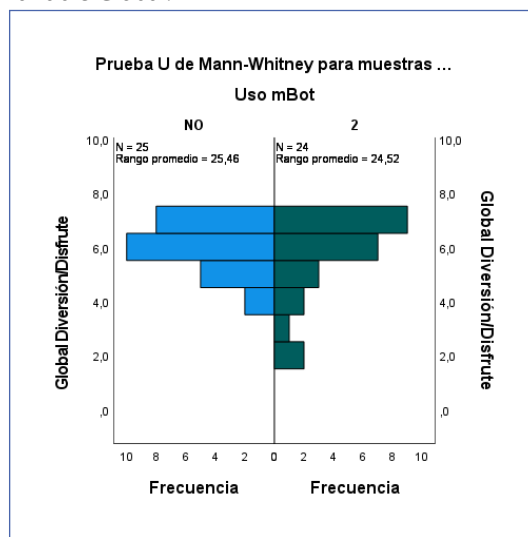


Gráfico 53. Prueba U de Mann-Whitney para la variable Global.



5.2.6. Conocimiento de los Sistemas de Coordenadas

A continuación se procede a estudiar la homocedasticidad e igualdad de varianza en las preguntas sobre Conocimiento de los Sistemas de Coordenadas. Esto se utilizará para discriminar el tipo de pruebas que se pueden aplicar a la muestra, tanto paramétricas como no paramétricas.

En la tabla 25 se muestran los resultados de la prueba de Levene y de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, pudiendo comprobarse que en ninguna de las preguntas se confirman las condiciones necesarias para utilizar pruebas de tipo paramétrico. Cabe destacar que la pregunta 033 no tiene interés estadístico porque no hay suficientes parejas exclusivas de dispersión y por tanto las pruebas que se aplican no tienen resultados.

Tabla 25. Resultados de la prueba de Levene y del test de Kolmogorov-Smirnov.

PRUEBA VARIABLE	PRUEBA DE LEVENE				PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV			
	F		Sig.		Z de Kolmogorov-Smirnov		Sig.Asintót (bilateral)	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
PREG031	1,323	0,530	0,261	0,474	0,932	0,101	0,918	0,110
PREG032	8,827	0,129	0,007	0,723	1,276	0,400	1,317	0,431
PREG033	..*	..*	..*	..*	..*	..*	..*	..*
PREG034	0,165	2,898	0,688	0,103	1,115	0,840	1,413	0,668
PREG035	0,833	5,119	0,370	0,034	1,000	0,787	1,021	0,730
PREG036	0,115	0,893	0,738	0,355	1,398	0,732	1,272	0,825

*El valor no se puede calcular porque no hay suficientes parejas exclusivas de dispersión

Al obtener resultados que no permiten afirmar que cumple con la homocedasticidad ni la igualdad de varianzas se opta por utilizar la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (ver tabla 26). En ella se puede observar que se puede aceptar la hipótesis nula, por lo que es posible afirmar que no existen diferencias significativas en los resultados académicos entre los dos subgrupos estudiados, el experimental y el grupo control.

Tabla 26. Prueba de Mann-Whitney aplicada a los resultados académicos.

PRUEBA VARIABLE	PRUEBA DE MANN-WHITNEY	
	U de Mann-Whitney	Sig. Asintót (bilateral)
PREG031	237,500	0,155
PREG032	295,500	0,918
PREG034	285,000	0,748
PREG035	266,500	0,492
PREG036	223,000	0,094
GLOB_PREG	282,000	0,719

5.3.Relación entre las escalas y los resultados académicos

Para llevar a cabo este análisis se procede inicialmente a crear una nueva variable denominada RESUL_GLOB, generada con la suma de la puntuación de los distintos ítems del conocimiento de los sistemas de coordenadas. Esto permite realizar un análisis más completo en busca de relaciones entre los distintos subgrupos y el rendimiento académico de los estudiantes.

A continuación se procede a calcular si se encuentra alguna asociación y en qué grado se produce entre cada una de las escalas y el resultado académico global. Para ello se utiliza la Tau C de Kendall, por tratarse de una prueba estadística utilizada para determinar la correlación ordinal entre dos conjuntos de datos. Los valores que se obtienen varían entre -1, cuando se alcanza una correlación negativa perfecta y +1 en el caso de alcanzarse correlaciones positivas.

Tabla 27. Tau C de Kendall entre GLOBAL APRENDIZAJE ACTIVO * RESULTADO GLOBAL.

VARIABLE \ PRUEBA	TAU C DE KENDALL		Sig.	
	♂	♀	♂	♀
Global Aprendizaje Activo* Resultado Global	-0,47	0,168	0,791	0,286

En la tabla 27 se muestran los resultados de la prueba, sin encontrar diferencias significativas tanto en el subgrupo de hombres como de mujeres. Destaca la asociación negativa localizada en el caso de los valores de los varones, en los que se produce descenso en los resultados al obtenerse valores más elevados en el aprendizaje activo. También aparece una fuerte asociación en el caso de las mujeres, aunque con un nivel de significación que permite asumir la hipótesis nula de independencia de las variables, por lo que se puede considerar que no existe relación entre la escala global de aprendizaje activo y el resultado académico global.

La tabla 28 muestra los resultados de la prueba aplicada destacando que no aparecen relaciones algunas entre la escala de conceptos computacionales y el resultado académico global, y se puede asumir la hipótesis nula de independencia entre los resultados obtenidos al utilizar y no utilizar los robots educativos mBot. Esto supone que el hecho de obtener mejores resultados en la escala no implica que mejoren los resultados académicos.

Tabla 28. Tau C de Kendall entre GLOBAL CONCEPTOS COMPUTACIONALES * RESULTADO GLOBAL.

VARIABLE \ PRUEBA	TAU C DE KENDALL		Sig.	
	♂	♀	♂	♀
Global Conceptos Computacionales* Resultado Global	0,178	0,100	0,159	0,506

La tabla 29 muestra los resultados de la prueba, lo que permite asumir la hipótesis nula de independencia de las variables, lo que implica que no aparecen relaciones entre la escala global de conceptos matemáticos y los resultados académicos globales. Estos resultados se repiten tanto en hombres como en mujeres.

Tabla 29. Tau C de Kendall entre GLOBAL CONCEPTOS MATEMÁTICOS * RESULTADO GLOBAL.

VARIABLE \ PRUEBA	TAU C DE KENDALL		Sig.	
	♂	♀	♂	♀
Global Conceptos Matemáticos* Resultado Global	-0,248	0,108	0,097	0,509

La tabla 30 muestra los resultados de la prueba, que permiten aceptar la hipótesis nula de independencia tanto en hombres como en mujeres. En el primer caso, los valores muestran un grado de asociación negativo, produciéndose una inversión en los valores obtenidos en cada una de las dos áreas de estudio, pero con poca fuerza. Las mujeres, por su parte, alcanzan valores positivos, pero con poca fuerza, lo que no permite afirmar asociaciones concretas.

Tabla 30. Tau C de Kendall entre GLOBAL UTILIDAD PERCIBIDA * RESULTADO GLOBAL.

VARIABLE \ PRUEBA	TAU C DE KENDALL		Sig.	
	♂	♀	♂	♀
Global Utilidad Percibida* Resultado Global	-0,264	0,109	0,109	0,485

La tabla 31 muestra los resultados de la Tau C de Kendall, pudiendo aceptar la hipótesis nula de independencia entre la escala global de Diversión/disfrute y los resultados académicos globales. En el caso de los varones hay una asociación negativa pero con un nivel de significación muy bajo, lo que nos indica que no se encuentran asociaciones sólidas entre ambas variables.

Tabla 31. Tau C de Kendall entre GLOBAL DIVERSIÓN *RESULTADO GLOBAL.

VARIABLE	PRUEBA	TAU C DE KENDALL		Sig.	
		♂	♀	♂	♀
Global Diversión/disfrute*	Resultado Global	-0,059	0,095	0,675	0,567

6

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

2. Puede tratarse del único método posible dado la población de estudio
3. La potencia puede depender de la selección de casos ricos en inform

La muestra del estudio está compuesto por 49 sujetos ($N=49$), de los cuales parte del grupo experimental (46,9%) y 24 del grupo control (53,1%). A estratificar por género los subgrupos se puede observar frecuencias similares, en el gráfico XXX.

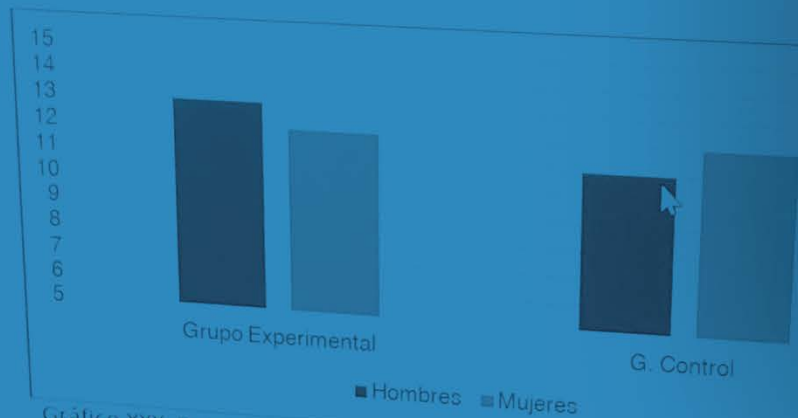
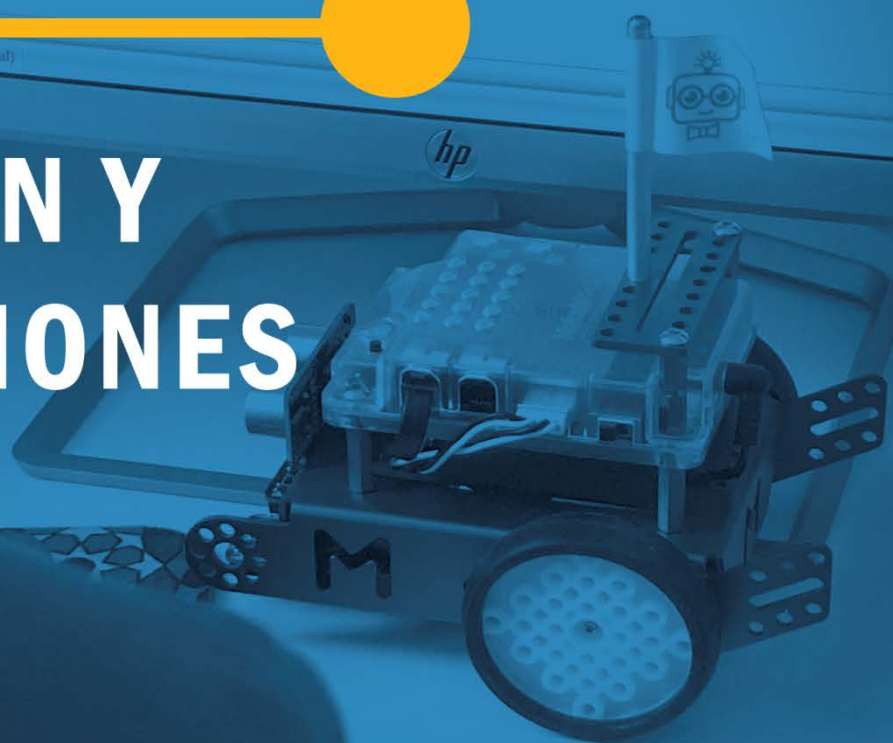


Gráfico XXX. Distribución de la muestra por género y uso del mBot.

No se detallarán análisis de contingencias al no encontrar diferencias significativas en la relación al género



6.1. Discusión

A continuación se presenta la discusión de la investigación en la que se analizan los principales elementos que participan en ella. Se estructura detallando los distintos objetivos de los que compone el estudio, de tal forma que se puede adquirir una visión global partiendo de un desglose parcializado.

Objetivos 1 y 13: Describir y valorar la forma de trabajar los contenidos en ejes de coordenadas y analizar las relaciones entre los estilos de aprendizaje que utilizan robots y aquellas que no los usan.

El trabajo de los estudiantes que siguen metodologías novedosas en las que el profesorado únicamente trabaja como selector de contenidos y guía durante el transcurso de las sesiones con ellos muestra unos beneficios muy notables relacionados fundamentalmente con la velocidad de aprendizaje de los contenidos (Benitti, 2012; Habgood & Ainsworth, 2011; Kesler *et al.*, 2022; Kewalramani *et al.*, 2021; Matere *et al.*, 2021). Los resultados muestran que los estudiantes que usan mBot en las sesiones prácticas aprenden con mayor facilidad, siguiendo las líneas estudio de Alfieri *et al.* (2015), teniendo por tanto que dedicar menos tiempo para adquirir los conocimientos.

Por tanto, la robótica permite manipular y resuelve muchos problemas por aportar sencillez dentro de un entorno intuitivo y motivante que permite conseguir trabajo de codificación en la escuela secundaria con altos niveles de actividad y diversión (Sáez López & Buceta Otero, 2023; Sun *et al.*, 2021).

Otro elemento a destacar es que el alumnado del grupo experimental identificó de una forma más definida cuál era el tema de estudio principal. Esto es fundamental cuando se aborda el aprendizaje de nuevos contenidos, ya que en ocasiones se pueden llegar a producir dificultades y pérdidas de perspectiva conceptual y por tanto desviaciones en la línea de asimilación de nuevos conocimientos.

La valoración llevada a cabo utilizando cuestionarios sigue los planteamientos de Sáez López (2019), aunque es importante contar con unos cuestionarios específicos de fácil aplicación para valorar los efectos en diversas localizaciones y poder así comparar los valores obtenidos (Sisman *et al.*, 2019). Al tratarse de un ámbito de conocimiento de reciente incorporación es fundamental que surjan este tipo de iniciativas y que la comunidad científica aúne sus esfuerzos en el desarrollo de nuevos instrumentos de valoración.

Objetivo 2: Comparar las ganas y el interés de los estudiantes que utilizan y no utilizan robots en las clases de matemáticas.

Los valores mostrados por los estudiantes durante la realización de la presente investigación refuerzan la tesis de que los niveles de interés que tienen los que utilizan robots educativos en las distintas sesiones son mayores que los que no lo hacen. Estos datos son similares a los encontrados en otros estudios (Barreto & Benitti, 2012; Bers *et al.*, 2015; Colín, 2020). Esto puede ser debido a la novedad que supone llevar a cabo un trabajo usando lo que hasta la fecha era un complemento inexistente por lo que es conveniente completar los estudios durante más tiempo para poder controlar este tipo de variables extrañas (Kazakoff *et al.*, 2013).

Además también manifiestan que trabajaron con más ganas, mostrando mayor esfuerzo al realizar las tareas planteadas. Eso contribuye a que el alumnado se esfuerce con más intensidad durante la realización de las tareas, elemento que ayuda a aumentar los niveles de dedicación a las tareas. (Elkin *et al.*, 2014; Hamada & Sato, 2012; Juliá & Antolí, 2016) destaca también que la utilización de dispositivos robóticos aumenta el trabajo de los sujetos tanto a nivel individual como grupal. El unificar los esfuerzos por lograr un bien común es la clave para poder solucionar los retos que deben resolver.

Objetivo 3: Analizar el conocimiento de elementos generales utilizados en la programación.

Los objetivos relacionados con el aprendizaje de conceptos computacionales son los que muestran un nivel de significación que contribuyen a mostrar mayores diferencias entre los subgrupos experimentales y de control. Los estudiantes que trabajan con robots perciben que el conocimiento sobre aspectos relacionados con la computación mejoran.

Hay muchos estudios sobre los conceptos computacionales (Cheng *et al.*, 2018; Chevalier *et al.*, 2021; Fanchamps *et al.*, 2021; Hung *et al.*, 2013; Kwon *et al.*, 2012; Luxton Reilly, 2016) y su relación con la robótica en el ámbito educativo (Chevalier *et al.*, 2021 ; Kim *et al.*, 2015; Kucuk & Sisman, 2017). En general las conclusiones obtenidas en la presente investigación siguen las líneas ya establecidas. Así, se encuentran resultados muy positivos relacionados con la informática y el procesamiento de datos (Lauwers *et al.*, 2010; Sáez López *et al.*, 2013) y el aumento de las habilidades relacionadas con los conceptos computacionales (Kwon *et al.*, 2012; Maya *et al.*, 2015).

Esto rompe con la idea de que una parte importante del alumnado la consideran aburrida y muy complicada y optan por no elegirla dentro del conjunto de materias, aunque los resultados mostrados apunten en una dirección antagónica. El trabajo de los docentes se debe centrar en hacer una selección y secuenciación de contenidos y actividades sencillas para garantizar que todos sean capaces de alcanzar el éxito durante su realización. Esto

es la clave para que los jóvenes refuercen sus niveles de confianza necesarios para aprender al mismo tiempo que manipulan y ponen en práctica los contenidos teóricos (Sáez López & Buceta Otero, 2023). Es conveniente tener en cuenta estos datos para plantear estrategias adecuadas al abordar la incorporación de estos dispositivos en el trabajo diario en el aula.

Objetivo 4: Valorar la capacidad y obtención de resultados cuando se desarrolla un trabajo en grupo.

La utilización de la robótica en el ámbito educativo exige ineludiblemente un cambio metodológico que se ve proyectado en varios elementos entre los que destacan los agrupamientos de los estudiantes (Çinar & Tüzün, 2021; Denner *et al.*, 2021; Mitnik *et al.*, 2009). Abordar los nuevos retos de forma individual ya no es rentable y es fundamental que se generen pequeños grupos de trabajo en los que cada uno de los jóvenes debe aportar soluciones (Öztürk & Calingasan, 2018).

Los estudiantes que trabajan con las metodologías más actuales con ayuda de robots muestran una mayor capacidad para compartir los contenidos, resultado de trabajar de forma constante exponiendo los caminos a seguir para abordar los retos que requieren las nuevas tecnologías (Zhang *et al.*, 2021).

También se recogen mejoras al mostrar al resto de compañeros los ejercicios llevados a cabo, desarrollando la capacidad de comunicación y sintetizando las ideas a transmitir a los otros. Además de los beneficios propios de la solución de las situaciones se recogen también mejorías a nivel personal en el ámbito de las relaciones interpersonales, básicas en las nuevas estructuras laborales de la sociedad actual (Kafai, 2008; Revelo Sánchez *et al.*, 2018; Sun *et al.*, 2021; Zhong & Xia, 2018).

Objetivos 5 y 8: Estudiar el conocimiento de los planos cartesianos y la comprensión de la utilidad de su estudio y describir el grado de aplicación de los conocimientos a situaciones reales.

Los estudiantes que usaron robots educativos en la práctica docente mostraron unos mayores niveles de comprensión del concepto de eje de coordenadas que los sujetos del grupo control. Eso puede ser posible por percibir mayores niveles de utilidad práctica de los contenidos trabajados (Atman *et al.*, 2022; Colin, 2020; Hollman *et al.*, 2019; Rodríguez Martínez *et al.*, 2019).

Los planos cartesianos constituyen la base de funcionamiento de multitud de objetos cotidianos, por lo que conocer cómo es el mecanismo de su posicionamiento hace comprender las respuestas que llegan a generar los distintos dispositivos (Níckels &

Cullen, 2017). Los ejemplos prácticos reales favorecen el entendimiento de conceptos abstractos complejos de asimilar por parte de los estudiantes.

En el caso del estudio de la presente tesis doctoral es muy sencillo comprender el método utilizado por mBot para llevar a cabo los recorridos y completar los trayectos teniendo como referencia el número de intersecciones que hay desde un punto a otro. Eso hace trasladar el sistema de funcionamiento teórico a algunos aparatos reales.

Objetivos 6 y 7: Aprender a ubicar distintos puntos en el plano de coordenadas, tanto en el punto 0,0 como a otros y realizar operaciones básicas (sumas y restas) con puntos ubicados en el plano.

El alumnado también percibe que aprende de una forma más rápida y eficaz a ubicar distintos puntos en el plano siguiendo las metodologías basadas en la gamificación en el aula (Alfieri *et al.*, 2015; Caci *et al.*, 2013; Juliá & Antolí, 2016; Laurent *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2011). Esto es un elemento muy importante cuando se trabaja con robots y otros aparatos que basan su funcionamiento en su posicionamiento y no recurren a tecnologías de GPS ni otro tipo de geolocalización en interior de espacios.

Este conocimiento se puede extrapolar a otras materias en las que el uso de mapas y gráficos ocupa un protagonismo predominante. Saber cómo llegar de un punto a otro, obtener rumbos basados en las coordenadas y conseguir calcular recorridos más cortos entre dos puntos forman parte de los contenidos a trabajar por los estudiantes (Sisman *et al.*, 2019; Tatar *et al.*, 2008; Zhou *et al.*, 2017).

Conseguir crear una representación mental de las distintas trayectorias que se deben completar para alcanzar distintos puntos es una labor que puede resultarle muy compleja a los más jóvenes, por lo que tener la posibilidad de usar aparatos que facilitan esto es un logro evidente dentro de la comunidad educativa (Davis, 1989; Vando *et al.*, 2022).

Objetivo 9: Analizar el grado de utilidad y facilidad de nuevas metodologías en el aprendizaje.

Los cambios en las metodologías utilizadas en el aprendizaje constituyen los retos más ambiciosos a conseguir que las sociedades modernas exigen (Abrahamson & García, 2016; Baker & Galanti, 2017; Moreno *et al.*, 2019). El alumnado inmerso en los nuevos sistemas de enseñanza percibe que se trata de una forma de trabajo que ayuda a aprender con más rapidez frente a otras metodologías más tradicionales. Es importante que con la implantación de formas docentes diferentes se cuantifiquen sus efectos puesto que se trata de una acción sumamente compleja para la comunidad educativa.

El hecho de que la función del profesorado se transforme y pase de ser el eje vertebrador del sistema a un guía y conductor de los estudiantes puede llegar a resultar un concepto difícil de entender por algunos profesionales de la enseñanza. Es por esto que obtener feedbacks positivos cuando se realizan estos estudios genera un refuerzo positivo muy claro (McGuill, 2012; Philip & Gupta, 2020).

Los estudiantes también valoran que usar material complementario contribuye a aprender con mayor facilidad y conseguir mayores niveles de razonamiento, lo que justifica que los nuevos sistemas de aprendizaje deban contar con recursos que ayudan a los jóvenes a conseguir aprender de una forma más eficiente (Davis *et al.*, 2002; Voogt, 2015; Yang *et al.*, 2020; Zheng *et al.*, 2016).

Objetivo 10: Estudiar el grado de percepción de la utilidad de los contenidos trabajados.

La concepción que los estudiantes tienen sobre los contenidos trabajados mediante el uso de robots educativos permite afirmar que la utilización de estos dispositivos es muy positiva para su proceso de aprendizaje. El hecho de que haya un cambio en la propia concepción de los estudiantes fortalece la necesidad de llevar a cabo cambios metodológicos muy concretos en el aula (Davis, 1989). Cabe destacar que con excesiva frecuencia los jóvenes no encuentran conexión entre algunos de los contenidos tratados en el aula con la vida real, aspecto que llega a generar cierto desánimo cuando se necesita esfuerzo para comprender y superar barreras (Chen *et al.*, 2017; Felicia & Sharif, 2014; Finch *et al.*, 2021).

Entonces asociar el uso de nuevos dispositivos a tener una percepción de mayor utilidad en las tareas realizadas es un elemento que debe ser tenido muy en cuenta cuando se organice la forma de impartir docencia y de presentar los recursos al alumnado (Freeman *et al.*, 2017; Hoffmann *et al.*, 2015).

Objetivos 11 y 12: Estudiar el grado de disfrute durante el aprendizaje de los contenidos y comparar los niveles de motivación percibidos con la utilización de los robots.

Aunque al grupo experimental le gustó mucho el trabajo propuesto y se sintió muy relajado durante su realización, cabe destacar que los resultados a nivel de motivación no muestran unos valores que permitan afirmar que el uso de dispositivos mejora los niveles de motivación del alumnado. Desde el momento que los estudiantes asocian que las prácticas que están llevando a cabo forman parte de un tema evaluable dejan de disfrutar con ellas, pasando a mostrar actitudes menos favorables para el aprendizaje (Arfé *et al.*, 2020; Hammer & Cross, 2013; Mannila *et al.*, 2014). Es por tanto que el cambio

motivacional que valora el proceso y no únicamente el resultado debe adquirir un peso mayor en el ámbito educativo.

Tanto los sujetos del grupo experimental como el grupo control se sintieron bien durante la realización del estudio y esto puede responder a la novedad de encontrarse inmersos en una actividad investigadora dentro del aula, algo totalmente inusual en los centros educativos (Hernández Sampieri & Fernández Collado, 2014; Mazzoni & Benvenuti, 2015; Tsai *et al.*, 2019).

Objetivo 14: Valorar la importancia del uso de robots en el aprendizaje de nuevos contenidos.

La utilización de robots educativos en el proceso de enseñanza y aprendizaje no implica diferencias estadísticamente significativas entre los dos subgrupos objeto de estudio, implicando que la implementación con la robótica no llega a mejorar los resultados académicos de forma significativa (Sáez López *et al.*, 2021). Esto supone que aparecen ciertas mejorías en algunos ítems de las escalas estudiadas, pero en términos de rendimiento académico no se alcanzan los objetivos esperados.

Esto puede ser debido a que los planteamientos más lúdicos consiguen atraer a los jóvenes estudiantes, a captar su atención y a lograr que superen los retos de forma rápida y precisa, pero no llegan a asimilar los conocimientos necesarios para solucionar nuevas tareas fuera del entorno controlado de la investigación (Alimisis, 2013).

Estas conclusiones abren una nueva vía de estudio en la que los planteamientos didácticos deben estar orientados y rediseñados en función de los resultados obtenidos, de tal forma que se vaya construyendo un nuevo método de enseñanza y aprendizaje que sea más eficiente y que logre que el alumnado consiga extrapolar las formas jugadas a la vida real (Guanhua *et al.*, 2017; Matere *et al.*, 2021).

6.2. Conclusiones

La obtención de diversas conclusiones sintetiza los hallazgos más significativos derivados de la presente investigación con el objeto de poder comunicar aquellas cuestiones que tienen interés dentro del ámbito que se está estudiando. El análisis de los distintos objetivos planteados inicialmente permite determinar una serie de afirmaciones que colaboran en el conocimiento de la materia y constituyen el punto de partida para futuras publicaciones.

- Los resultados obtenidos por el alumnado en la [Escala de Aprendizaje Activo](#) permiten afirmar que se encuentran diferencias significativas en algunos ítems del bloque, pero con un nivel de significación bajo que posibilita afirmar con cautela que el alumnado que utilizó robots mBot en el aprendizaje de las coordenadas cartesianas mostró mayores niveles de interés por el tema. También participaron con muchas más ganas en las actividades propuestas durante la unidad didáctica. Además, la metodología utilizada para trabajar con los dispositivos ayudó a aprender fácilmente. Es muy importante tener estas cuestiones presentes cuando se aborda el trabajo de nuevos contenidos, especialmente aquellos que representan aspectos arduos.
- Los resultados de los estudiantes en la [Escala de Conceptos Computacionales](#) son los que muestran unas mejoras más significativas ya que los valores obtenidos por el grupo experimental son muy superiores a las del grupo control. Esto es así en todos los ítems y los estudiantes que usan robots educativos muestran valores más elevados en el conocimiento de la programación, mejorando además el dominio de conceptos propios del ámbito computacional como son los bucles o los eventos. La mejoría abarca además otras competencias como la capacidad para compartir los contenidos trabajados y las habilidades para mostrar a otros compañeros los ejercicios llevados a cabo. Esto contribuye al desarrollo integral del sujeto, contribuyendo al trabajo en equipo como elemento diferenciador frente a otras metodologías más tradicionales.
- La [Escala de Conceptos Matemáticos](#) muestra que los estudiantes que utilizan robots en el aula aprecian ciertas mejoras en la comprensión del concepto eje de coordenadas y mejoran en la realización de operaciones básicas utilizando coordenadas. Esto toma una especial importancia puesto que se trata de los contenidos esenciales de la presente investigación. El hecho de partir de la utilización de mBot para el trabajo de contenidos en el entorno real con el alumnado genera una situación muy beneficiosa dentro del

ámbito educativo, especialmente en la materia de matemáticas. Cabe destacar que disponer de elementos complementarios que favorezcan el proceso de aprendizaje es un recurso muy utilizado en las metodologías de trabajo más actuales. Se puede asegurar que los estudiantes mejoran los elementos prácticos relativos a la aplicación de las matemáticas en contextos del mundo real.

- La **Escala de Utilidad Percibida** desprende que el alumnado que utiliza dispositivos robóticos como complemento en la materia de matemáticas aprende con más rapidez, logrando por tanto optimizar el tiempo que destinan a cada uno de los contenidos de la materia.

Además, la utilización de mBot contribuye a aprender con más facilidad y a razonar de forma más eficiente, elementos básicos cuando se pretenden adquirir nuevas habilidades en el entorno educativo.

Implica que la nueva metodología de trabajo mejora los tiempos de aprendizaje y predispone a los estudiantes a adquirir conocimientos de forma eficiente, es decir, alcanzar hitos más elevados con el mismo esfuerzo.

- Los resultados de la **Escala de Diversión y disfrute durante las Actividades de Aprendizaje** permiten afirmar que los jóvenes que utilizan robots educativos en el aula se sienten más relajados y cómodos que el otro subgrupo. Se consigue crear, por tanto, un ambiente de estudio idóneo para la realización de las tareas propias de los distintos bloques de contenidos.

Pero como antítesis cabe destacar que no se logran otro tipo de beneficios a este nivel. Esto supone que no se encuentran más diferencias entre ambos grupos en cuanto a estar contento al hacer las actividades o sentirse motivado durante su realización.

- La utilización de robots en el aula mejora **el trabajo en equipo**, consiguiendo que los jóvenes unifiquen sus capacidades para conseguir una finalidad en común y poder así resolver los retos a los que se ven expuestos. Esto se ve reforzado además por el desarrollo de la capacidad de comunicación que también se ve impulsada cuando los estudiantes disponen de dispositivos en su práctica real. Esto favorece su preparación para las exigencias propias del s.XXI en las que el trabajo de forma colaborativa constituye un sistema de desarrollo básico.

- Las **metodologías de enseñanza y aprendizaje actuales** que utilizan dispositivos como complemento al trabajo docente logran que se produzcan aprendizajes con mayor nivel de autonomía, a mayor velocidad y con mayor eficacia. Esto refuerza las nuevas tendencias en el ámbito docente, que paulatinamente ceden el protagonismo al alumnado siendo responsable del éxito del desarrollo de las competencias propias.

- No se encuentran diferencias en los **resultados académicos** al trabajar con ayuda de dispositivos robóticos entre el grupo experimental y el grupo control en ninguno de los ítems incluidos en el estudio.
Se puede afirmar que no se consigue una mejoría en los rendimientos asociada a la utilización de los robots. Aunque los valores del grupo experimental han sido superiores al del grupo que trabajó con un planteamiento tradicional, esas diferencias no han sido significativas a un nivel de 95% por lo que se debe concluir que la implementación no mejora el rendimiento académico.
- Como **conclusión final** cabe destacar que la utilización de robots educativos, particularmente el mBot, en la materia de Matemáticas durante el aprendizaje de coordenadas cartesianas no genera mejorías significativas en los rendimientos académicos, aunque sí se obtiene rentabilidad a nivel metodológico, puesto que genera entre los estudiantes un clima de trabajo adecuado para que se produzcan aprendizajes de forma rápida y eficiente.



7

**PERSPECTIVAS DE
FUTURO**

El trabajo con robots escolares y dispositivos diversos diseñados para el entorno educativo está viviendo unos niveles de desarrollo muy elevado y por ello se debe llevar a cabo una correcta previsión que tenga en cuenta todos los factores que intervienen en su incorporación independientemente de su naturaleza. Durante la realización del presente estudio han surgido una serie de cuestiones que podrían ser tenidas en cuenta para futuras investigaciones, ya sea planteando nuevas líneas de investigación o modificando algunos de los parámetros analizados.

- Al tratarse de un ámbito de conocimiento relativamente joven, el número y calidad de los estudios que hay al respecto es reducido y aunque la tendencia es que se amplíen, es fundamental que nazca sobre unos estándares de calidad elevados. Se propone la realización de estudios de intervención más rigurosos con el objetivo de poder hacer análisis más profundos del tema, pudiendo llevar a cabo conclusiones más concretas. Es fundamental que cuando se realicen actuaciones directas con el alumnado se sigan criterios científicos sólidos que no dependan de la persona que las lleve a cabo, permitiendo así hacer búsqueda de semejanzas entre los artículos.
- La realización de estudios de esta naturaleza deben ser ampliados a un rango de edades mayor, teniendo en cuenta el nivel de dificultad de las tareas planteadas. Con la constante aparición de aparatos electrónicos cada vez más complejos para su utilización en el entorno educativo, se propone además analizar el resultado de la utilización de otros robots educativos y extender este uso a otras materias y a otros contenidos dentro del área de matemáticas. Al tratarse de herramientas que permiten un trabajo multidisciplinar, no circunscrito a un único contenido, se pueden conseguir unos efectos integrales sobre el alumnado.
- Llevar a cabo estudios longitudinales, valorando los efectos del trabajo con nuevas metodologías y materiales a lo largo del tiempo, comprobando además su eficacia en los estudiantes. Actualmente hay muchas líneas de actuación que pueden dirimir pautas de actuación futuras para los docentes, tendiendo ya datos sobre los que sustentar las metodologías educativas. Para que esto pueda constituir un verdadero soporte didáctico para los profesionales de la enseñanza es preciso que las investigaciones dispongan de una cantidad de información suficiente y adecuadamente analizada.
- No centrar las actuaciones en zonas tan concretas y delimitadas, extendiendo este tipo de iniciativas a regiones más amplias, tanto en el territorio nacional como en colaboración con otros países, para poder así cuantificar las diferencias interpersonales que se pueden llevar a cabo en función de los lugares de origen, relacionándolas además con las políticas educativas llevadas a cabo y la forma de abordar el trabajo con robots y otros dispositivos en la enseñanza.

- Utilización de metodologías de carácter experimental en las que no hay intervención adulterada sobre la selección de la muestra y reuniendo una cantidad de individuos adecuada para poder extrapolar los resultados obtenidos a poblaciones más grandes. En la actualidad se percibe una tendencia más extendida hacia los estudios cuasi experimentales, posiblemente asociada a la posibilidad de realizar muestreos siguiendo principios interesados por el investigador que le facilitan las acciones en los centros educativos. El problema está en la dificultad en las extrapolaciones a otras poblaciones diferentes.
- Aumento de las escalas de estudio sobre las que se sustentan las investigaciones, pudiendo así llegar a analizar un mayor número de correlaciones y por tanto ajustar la influencia de las variables sobre el proceso de enseñanza. Los sistemas de análisis estadísticos actuales permiten estudiar el big data de una forma eficiente teniendo en cuenta múltiples elementos para poder actuar en la práctica docente sobre los que realmente tienen. El presente experimento únicamente tiene en cuenta cinco, dejando espacio a futuras líneas de estudio con un número mayor.
- Realización de cuestionarios específicos sobre diversos aspectos relacionados con la utilización de robots en el ámbito educativo, puesto que en la actualidad existe una gran cantidad de publicaciones que utilizan algunos diseñados inicialmente para otros objetivos, teniendo así que adaptarlos a estas situaciones específicas. El número de usuarios y la proliferación de este tipo de análisis exige disponer de herramientas diseñadas y validadas adecuadamente para estudios de esta índole. Esto también facilitaría poder replicar estudios de distintas clases en entornos diferenciados.
- Análisis de los cambios que exigen estos nuevos métodos de trabajo en el currículo educativo, ya que requieren de modificaciones en ocasiones muy complejas de conseguir en entornos laborales reales. Si se quieren obtener resultados significativos es fundamental que las administraciones apuesten por dotar de recursos económicos suficientes a los centros educativos para acceder a la adquisición de dispositivos y herramientas digitales actualizadas. Por su parte, las líneas de actuación que tienen que llevar los equipos directivos de los centros educativos deberían apuntar a las adaptaciones tanto de los espacios físicos para llevar a cabo las sesiones con el alumnado como a la carga horaria necesaria para la utilización de nuevos recursos.
- Comparación de los efectos de usar distintos tipos de robots en las sesiones, valorando si puede llegar a influir el uso de algunos modelos en los niveles de aprendizaje. Esto quizás sea una de las propuestas más compleja, puesto que con

la velocidad con la que aparecen nuevos dispositivos y las funciones que se le asocian a los ya existentes se presenta como una labor complicadísima para los investigadores. Esto abre la posibilidad de desarrollo de nuevos usos ampliables a todas las materias, sin circunscribirlos a las matemáticas. Es importante para el docente disponer de una agrupación de los mismos siguiendo criterios puramente didácticos en función de su dificultad y posibilidades de utilización.

- Estudio de los posibles efectos adversos que puede conllevar el trabajo con una exposición excesiva a dispositivos digitales, puesto que al tratarse de una línea de aprendizaje emergente y muy nueva los esfuerzos se centran habitualmente en hacer valoraciones de los aportes positivos que pueden llegar a tener sobre los estudiantes. Los recursos tanto humanos como económicos para realizar las investigaciones actualmente no se destinan a cuantificar además si existen y en qué grado efectos no deseados sobre el correcto desarrollo del sujeto.
- Valoración de la eficacia de las nuevas didácticas sobre los rendimientos de los estudiantes, siendo consciente que posiblemente no todas ellas tengan efectos directos adecuados sobre los aprendizajes de los jóvenes. Es necesario valorar objetivamente los efectos de estas tendencias novedosas en las bases de conocimiento y en la capacidad real de los individuos a largo plazo.

Además se recogen una serie de líneas de trabajo que nacen desde ámbitos diversos con los robots educativos como elemento común para la adquisición de conocimientos de forma interdisciplinar en la que cada materia aporta ideas desde una visión general, hasta el trabajo de las coordenadas cartesianas en la materia de Matemáticas de forma más concreta. Es importante destacar los enormes esfuerzos que iniciaron los primeros makers y que los docentes continúan en su trabajo diario para que su alumnado tenga una educación de calidad real.

La aparición desmedida de avances tecnológicos a una velocidad vertiginosa exige obligatoriamente un trabajo muy generoso por parte de los docentes para realizar una curación tanto de contenidos como de herramientas a utilizar en el aula. La revolución más importante probablemente se encuentre asociada a la aparición de tecnologías emergentes como son la AI y los análisis predictivos. Ambas aumentan la información sobre las necesidades concretas de los estudiantes pudiendo llegar a ajustar el camino de cada uno de ellos de forma individualizada. La AI además funciona como generadora de contenido, siendo una herramienta muy valiosa tanto para estudiantes como para profesores.

Cabe destacar que estas nuevas metodologías se basan en los aprendizajes centrados en el trabajo por proyectos que los estudiantes tienen que abordar sobre distintos tipos de retos tanto personales como grupales, debiendo aportar las habilidades propias para la

resolución de los problemas, atendiendo a las diversidades existentes en los grupos de alumnado. Por ello la formación del profesorado ocupa un protagonismo destacado y central que requiere una preparación amplia en el ámbito de las nuevas tecnologías y en la utilización de robots en el trabajo diario. Es fundamental que los niveles de formación específica en estos campos sean elevados, especialmente dedicados al control y resolución de las contingencias que puedan aparecer.

Este enfoque transforma la perspectiva tradicional, ya que centra todo el proceso en el desarrollo de las distintas competencias, lo que sugiere un reto para los docentes que históricamente están más centrados en los resultados de la evaluación. Se eliminan por tanto las lecciones magistrales idénticas para todos pasando a un proceso de preparación propia para cada estudiante. Esto implica una adecuación de las rutas de aprendizaje, guiando y conduciendo a los jóvenes de tal forma que cada uno de ellos optimice su esfuerzo consiguiendo desarrollar aquellas aptitudes en las que muestra mayor potencialidad.

Otro pilar básico de las nuevas metodologías es lograr la inclusividad del alumnado con algún tipo de discapacidad, puesto que esto no debe significar en ningún caso limitaciones en el trabajo diario. Se deben adaptar todos los elementos necesarios a las necesidades propias de cada sujeto. El centro debe contar, por tanto, con pantallas de gran tamaño, teclados y ratones adaptados, robots con distintos niveles de dificultad, etc. Se debe conseguir que cada uno de ellos disponga de las mismas oportunidades que sus compañeros.

La aparición de plataformas educativas gratuitas en la nube permite que un mayor número de estudiantes accedan a una educación de calidad en la que ningún centro se quede aislado por su localización ni por sus recursos económicos. La Administración debe asumir además la responsabilidad de dotar de los recursos necesarios para que todos los centros dispongan de las mismas posibilidades, tanto materiales como de conectividad a Internet. Este tipo de mejoras junto con algunos cambios en el funcionamiento del equipo docente exigen además reformas estructurales que están asociadas a dotaciones económicas y a estrategias, ya sean de las administraciones en cuanto a actuaciones más globales que afectan a mayor número de centros como otras de carácter más concreto que determinan el devenir de algunas escuelas.

El acceso a la tecnología pasa tanto por tener los dispositivos en buenas condiciones para su uso cotidiano como una conexión estable al ciberespacio para poder trabajar en la nube con los grupos. Esto también permite una personalización en las rutas de aprendizaje, que con la integración de la AI avanzada cada vez serán más aproximadas a las características personales. La tendencia futura apunta hacia la convivencia entre humanos y máquinas, aprovechando los primeros las posibilidades que ofrecen las segundas.

Otro bloque de trabajo está integrado por investigadores que centran sus esfuerzos en el estudio y desarrollo de prácticas beneficiosas para el alumnado. Uno de los proyectos de referencia que focaliza sus recursos hacia la elaboración de materiales y propuestas para la codificación por bloques, motores de juegos, aprendizaje automático y robótica liderado por el Dr. Sáez, pretende analizar las posibilidades educativas de la codificación creativa en Educación Primaria de diversos proyectos vinculados a los juegos, la robótica y el aprendizaje automático. Este tipo de iniciativas fundamentan las bases del conocimiento y fomentan un uso responsable de las nuevas tecnologías de una forma responsable, consciente y motivante.

La materia de Matemáticas tiene un recorrido particular muy interesante puesto que es un área ligada a la computación y el desarrollo de algoritmos con base digital. Las primeras aplicaciones escolares se utilizaron para el desarrollo de figuras geométricas, resolución de problemas y cálculos estadísticos, por lo que tiene un número mayor de profesionales familiarizados con los equipos informáticos. La AI está contribuyendo a mejorar esas primeras herramientas de forma que se obtengan resultados con más velocidad y eficacia. También aparecen con más frecuencia nuevos programas que permiten a los usuarios resolver planteamientos matemáticos y otros que facilitan la comprensión de algunos conceptos abstractos que en otros tiempos costaba mucho trabajo asimilar.

Introducing robotics and block programming in elementary education

La aplicación de la robótica y programación por bloques
en enseñanza elemental

José Manuel Sáez López ¹

Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED, España

Rogelio Buceta Otero ²

Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED, España

Sebastián De Lara García-Cervigón ³

Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED, España

DOI: <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27649>

How to reference this article: Sáez-López, J. M., Buceta Otero, R., y De Lara García-Cervigón, S. (2021). Introducing robotics and block programming in elementary education. RIED, 24(1), 27-49.

8

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Muchas gracias por tu participación

A

Abrahamson, D. & García, R. S. (2016). Learning is moving in new ways: the ecological dynamics of mathematics education. *Journal of the Learning Sciences*, 25(2), 203-239.

<https://doi.org/10.1080/10508406.2016.1143370>

Achon, J. & Delgado, J. (2014). De la tortuga LOGO al gat Scratch. *Perspectiva escolar*, 377, 6-10.

https://dialnet.unirioja.es/servlet/ejemplar?codigo=378455&info=open_link_ejemplar

Alfieri, L., Higashi, R., Shoop, R. & Schunn, C. D. (2015). Case studies of a robot-based game to shape interests and hone proportional reasoning skills. *International Journal of STEM Education*, 2(1).

<https://doi.org/10.1186/s40594-015-0017-9>

Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science & Technology Education*, 6, 63-71.

Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41, 16-25.

<https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>

Ángel Díaz, C. M., Segredo, E., Arnay, R. & León, C. (2020). Simulador de Robótica Educativa para la promoción del Pensamiento Computacional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20 (63).

<https://doi.org/10.6018/red.410191>

Arfé B., Vardanega T. & Ronconi L. (2020). The effects of coding on children's planning and inhibition skills. *Computers & Education*, 148.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103807>

Atman, N., Öztüre, G. & Koçak, Y. (2022) A systematic review study on educational robotics and robots, *Interactive Learning Environments*, 31(9), 5874-5898.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2023890>

B

Bacivarov, I. C. & Ilian, V. L. M. (2012). The paradigm of utilizing robots in the teaching process: a comparative study. *International Journal of Technology and Design Education*, 22, 531-540.

<https://doi.org/10.1007/s10798-011-9157-5>

Baker, C. K. & Galanti, T. M. (2017). Integrating STEM in elementary classrooms using model-eliciting activities: responsive professional development for mathematics coaches and teachers. *International Journal of STEM Education*, 4, 10.

<https://doi.org/10.1186/s40594-017-0066-3>

Barreto, F. & Benitti, V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>

Basoeki, F., Libera, F. D., Menegatti, E. & Moro, M. (2013). Robots in education: New trends and challenges from the Japanese market. *Themes in Science & Technology Education*, 6, 51-62.

<http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1130911.pdf>

Baytak, A. & Land, S. M. (2011). An investigation of the artifacts and process of constructing computer games about environmental science in a fifth-grade classroom. *Educational Technology Research and Development*, 59, 765-782.

<https://doi.org/10.1007/s11423-010-9184-z>

Bender, W., Urrea, C. & Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento. *RED, Revista de Educación a Distancia*, 46(1).

<https://doi.org/10.6018/red/46/1>

Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58, 978-988.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>

Berland, M., Martin, T., Benton, T., Smith, C. P. & Davis, D. (2013). Using Learning Analytics to Understand the Learning Pathways of Novice Programmers, *Journal of the Learning Sciences*, 22(4), 564-599.

<https://doi.org/10.1080/10508406.2013.836655>

Bers, M. U. (2012). Designing digital experiences for positive youth development: From playpen to playground. Cary, NC: Oxford.

<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199757022.001.0001>

Bers, M. U. (2017). Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom. Routledge eBooks.

<https://doi.org/10.4324/9781315398945>

Bers, M. U. (2018). Blocks to robots: Learning with technology in the early childhood classroom. New York, NY: Teachers College Press.

Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R. & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72, 145-157.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>

Bers, M. U., González-González, C., Bers, M. U., González-González, C. & Armas-Torres, M. B. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130-145.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>

Bernstein, D. & Crowley, K. (2008). Searching for Signs of Intelligent Life: An Investigation of Young Children's Beliefs About Robot Intelligence, *Journal of the Learning Sciences*, 17(2), 225-247.

<https://doi.org/10.1080/10508400801986116>

Brennan, K. & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Vancouver, BC, Canada.

Bers, M. U. & Resnick, M. (2015). *The official ScratchJr book: Help your kids learn to code*. No Starch Press.

Blunt, R. (2007). Does Game-Based Learning Work? Results from Three Recent Studies. In Interservice/Industry Training, Simulation & Education Conference (IITSEC). Orlando, Florida, USA: NTSA.

Burleson, W. S., Harlow, D. B., Nilsen, K. J., Perlin, K., Freed, N., Jensen, C. N. & Muldner, K. (2017). Active Learning Environments with Robotic Tangibles: Children's Physical and Virtual Spatial Programming Experiences. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(1), 96-106.

<https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2724031>

Buitrago, F., Casallas, R., Hernández, M., Reyes, A., Restrepo, S. & Danies, G. (2017). Changing a Generation's Way of Thinking: Teaching Computational Thinking Through Programming. *Review of Educational Research*, 87(4), 834–860.

<https://doi.org/10.3102/0034654317710096>

C

Caceffo, R., Gonçalves, D. A., Bonacin, R., dos Reis, J. C., Valente, J. A. & Calani, M. C. (2022). Children's social interactions within a socioenactive scenario, *Computers & Education*, 176.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104324>

Caci, B., Chiazzese, G. & D'Amico, A. (2013). Robotic and virtual world programming labs to stimulate reasoning and visual-spatial abilities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 93, 1493–1497.

<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.070>

Caldwell, R. & Jones, E. (2011). Using robotics to achieve meaningfully engaged learning. In D. Dicheva, Z. Markov, & E. Stefanova (Eds.), *International conference on software, services and semantic technologies* (pp. 183e188). Berlin: Springer Berlin Heidelberg. volume 101 of *Advances in Intelligent and Soft Computing*.

Casado, C. (2022). *La enseñanza de la programación en la infancia: estudio de casos de la situación en Cataluña*. Dirección: Dra. Teresa Sancho Vinuesa Dr. Julio Meneses Julio 2022

Çakiroğlu, Ü. & Çevik, I. (2022). A framework for measuring abstraction as a sub-skill of computational thinking in block-based programming environments. *Educ Inf Technol* 27, 9455-9484.

<https://doi.org/10.1007/s10639-022-11019-2>

Cemeli Sala, R. & Armejach Carreras, R. (1991). Tecnologías en el aula. *Cuadernos de pedagogía*, 197, 20-22.

Cervera, A. (2011). *Coordinación y control de robots móviles basado en agentes. Trabajo fin de carrera*. Universidad Politécnica de Valencia.

<http://hdl.handle.net/10251/11167>

Cooper, K. S. (2014). Eliciting Engagement in the High School Classroom: A Mixed-Methods Examination of Teaching Practices. *American Educational Research Journal*, 51(2), 363–402.

<https://doi.org/10.3102/0002831213507973>

Chaing, P. (2016). Exploring students' computational practice, design and performance of problem-solving through a visual programming environment, *Computers & Education*, 95, 202-215.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.01.010>

Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X. & Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 109, 162-175.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>

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., El-Hamamsy, L., Giang, C., Bruno, B. & Mondada, F. (2022). Teachers' Perspective on Fostering Computational Thinking Through Educational Robotics. In: Merdan, M., Lepuschitz, W., Koppensteiner, G., Balogh, R., Obdržálek, D. (eds) Robotics in Education. RiE 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1359. Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-82544-7_17

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, 39.

<https://doi.org/10.1186/s40594-020-00238-z>

Ching, Y. H., Hsu, Y. C. & Baldwin, S. (2018). Developing Computational Thinking with Educational Technologies for Young Learners. *TechTrends*, 62, 563-573.

<https://doi.org/10.1007/s11528-018-0292-7>

Çınar, M. & Tüzün, H. (2021). Comparison of object-oriented and robot programming activities: The effects of programming modality on student achievement, abstraction, problem solving, and motivation, *Journal of Computer Assisted Learning*, 37, 370– 386.

<https://doi.org/10.1111/jcal.12495>

Colin, E. (2020). "Run it through me:" Positioning, power, and learning on a high school robotics team, *Journal of the Learning Sciences*, 29(4-5), 598-641.

<https://doi.org/10.1080/10508406.2020.1770763>

D

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technologies. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.

<https://doi.org/10.2307/249008>

Davis, F. D., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (2002). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982-1003.

<https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>

Denner, J., Green, E. & Campe, S. (2021). Learning to program in middle school: How pair programming helps and hinders intrepid exploration, *Journal of the Learning Sciences*, 30(4-5), 611-645.

<https://doi.org/10.1080/10508406.2021.1939028>

Díaz-Parreño, S. A., Cárdenas, J. M., Romero, A. & Sánchez, A. (2014). *Bioestadística Aplicada con SPSS: 46*. Madrid: Fundación Universitaria San Pablo Ceu.

Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell'Omo, M. & Dario, P. (2017). Educational Robotics intervention on Executive Functions in preschool children: A pilot study. *Computers in human behavior*, 71, 16-23.

<https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.018>

Dohn, N. B. (2020). Interés de los estudiantes en la codificación Scratch en matemáticas de secundaria inferior. *British Journal of Education Technology*, 51. 71-83.

<https://doi.org/10.1111/bjet.12759>

E

Elkin, M., Sullivan, A. & Bers, M. U. (2014). Implementing a robotics curriculum in an early childhood Montessori classroom. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 13, 153-169.

<https://doi.org/10.28945/2094>

Eubanks, A. M. & Strader, R. G. (2012). Introduction to programming with the Finch robot: pre-conference workshop. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 27, 4.

F

Fanchamps, N., Slangen, L., Specht, M. & Hennissen, P. (2021). The impact of SRA-programming on computational thinking in a visual oriented programming environment. *Education and Information Technologies*, 26(5), 6479–98.

<https://doi.org/10.1007/s10639-021-10578-0>

Felicia, A. & Sharif, S. (2014). A review on educational robotics as assistive tools for learning Mathematics and Science. *International Journal of Computer Science Trends and Technology*, 2, 62-84.

<https://doi.org/10.1007/s10758-018-9397-5>

Finch, W. H., Hernandez, M. & Hazelwood, A. (2021). *Applied Single Subjects Research for School Psychologists and Educators*. Charlotte: Information Age Publishing.

Fortunati, L., Manganelli, A. M. & Ferrin, G. (2022). Arts and crafts robots or LEGO® MINDSTORMS robots? A comparative study in educational robotics. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 287–310.

<https://doi.org/10.1007/s10798-020-09609-7>

Freeman, A., Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A. & Hall Giesinger, C. (2017). *NMC/CoSN horizon report: 2017 K-12 Edition*. The New Media Consortium. Retrieved from <https://www.epiphanygmt.com/Downloads/horizon%20report.pdf>

G

García Valcárcel, A. & Caballero-González, Y. (2019). Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en Educación Infantil. *Comunicar*, 59.

<https://doi.org/10.3916/C59-2019-06>

García Peñalvo, F. J. (2016). A brief introduction to TACCLE 3 – Coding European Project. In F. J. García-Peñalvo & J. A. Mendes (Eds.), 2016. *International Symposium on Computers in Education (SIEE 16)*. USA: IEEE.

<https://doi.org/10.1109/SIEE.2016.7751876>

García Peñalvo, F. J. & Méndes, J.A. (2018). Exploring the computational thinking effects in pre-university education. *Computers in Human Behavior*, 80, 407-411.

<https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.005>

Ghitis, T., Alexander, J. & Vásquez, A. (2014). Los robots llegan a las aulas. *Infancias Imágenes*, 13(1), 143-147.

González González, C. S. (2019). State of the art in the teaching of computational thinking and programming in childhood education. *Education in the Knowledge Society*, 20, 1-15.

https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a17

González González, C. S., Guzmán Franco, M. D. & Infante Moro, A. (2019). Tangible Technologies for Childhood Education: A Systematic Review. *Sustainability*, 11(10), 2910.

<https://doi.org/10.3390/su11102910>

Guevara Alban, G., Verdesoto Arguello, A. & Castro Molina, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173.

[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)

Grover, S. & Pea, R. (2013). Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43.

<https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>

Groover, M. P., Weiss, M., Nagel, R. N. & Odrey, N. G. (2013). *Industrial Robotics: Technology, Programming and Applications*. McGraw-Hill. New York.

Guanhua, C., Ji, S., Lauren, B.-C., Shiyan, J., Xiaoting, H. & Moataz, E. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 109, 162–175.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>

H

Habgood, M. P. & Ainsworth, S. A. (2011). Motivating Children to Learn Effectively: Exploring the Value of Intrinsic Integration in Educational Games, *Journal of the Learning Sciences*, 20(2), 169-206.

<https://doi.org/10.1080/10508406.2010.508029>

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. & Black, W. C. (1998). *Multivariate data analysis*. (5th ed). Upper Saddle River. Prentice Hall.

Hamada, M. & Sato, S. (2012). A learning system for a computational science related topic. *Procedia Computer Science*, 9, 1763-1772.

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.04.194>

Hamner, E. & Cross, J. (2013). Arts & Bots: Techniques for distributing a STEAM robotics program through K-12 classrooms *Proceedings of 2013 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC) (March 9th, 2013, Princeton, NJ, USA)* (pp. 1-5). USA: IEEE.

<https://doi.org/10.1109/ISECon.2013.6525207>

Hernández Sampieri, R. , Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana

Hiltz, S. R., Coppola, N., Rotter, N., Turoff, M. & Benbunan-Fich, R. (2000). Measuring the Importance of Collaborative Learning for the Effectiveness of ALN: A Multi-Measure, Multi-Method Approach. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 4, 124.

<https://link.gale.com/apps/doc/A284451526/AONE?u=anon~1436c3cf&sid=googleScholar&xid=bf669c4e>

Hoffmann, M., Plumanns, L., Lenz, L., Schuster, K., Meisen, T. & Jeschke, S. (2015). Enhancing the learning success of engineering students by virtual experiments. In P. Zaphiris, & A. Ioannou (Eds.), *Learning and collaboration Technologies: Second international conference e international conference on human-computer interaction* (pp. 394-405). Cham: Springer International Publishing.

http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-20609-7_37.

Hollman, A. K., Hollman, T. J., Shimerdla, F., Bice, M. R. & Adkins, M. (2019). Information technology pathways in education: Interventions with middle school students, *Computers & Education*, 135, 49-60.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.02.019>.

Hung, I., Chao, K., Lee, L. & Chen, N. (2013). Designing a robot teaching assistant for enhancing and sustaining learning motivation, *Interactive Learning Environments*, 21:2, 156-171.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2012.705855>

livari, N., Sharma, S. & Ventä-Olkkonen, L. (2020). Digital transformation of everyday life—How COVID-19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care? *International Journal of Information Management*, 55(102183), 1–6.

<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102183>

Julià, C. & Antolí, J. Ò. (2016), Spatial ability learning through educational robotics. *International Journal of Technology and Design Education*, 26, 185–203.

<https://doi.org/10.1007/s10798-015-9307-2>

Jung, S. E. & Won, E. S. (2018). Systematic review of research trends in robotics education for young children. *Sustainability*, 10(4), 905.

<https://doi.org/10.3390/su10040905>

K

Kafai, Y. B. (2008). How computer games help children learn. *Science Education*, 92, 378-381.

<https://doi.org/10.1002/sce.20261>

Kalelioglu, F. & Sentance, S. (2020). Teaching with physical computing in school: the case of the micro:bit. *Education and Information Technologies*, 25, 2577-2603.

<https://doi.org/10.1007/s10639-019-10080-8>

Kzakoff, R. E., Sullivan, A. & Bers, U. M. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education*, 41, 245-255.

<https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>

Kentros, S., Wadhwa, M., Sreeramareddy, L. & Kaur, K. (2019). SIGCSE'19: Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium of Computer Science Education.

<https://doi.org/10.1145/3287324.3293781>

Kerimbayev, N., Beisov, N., Kovtun, A., Nurym, N. & Akramova, A. (2020). Robotics in the international educational space: Integration and the experience. *Education and Information Technologies*, 25, 5835-5851.

<https://doi.org/10.1007/s10639-020-10257-6>

Kesler, A., Shamir-Inbal, T. & Blau, I. (2022). Active Learning by Visual Programming: Pedagogical Perspectives of Instructivist and Constructivist Code Teachers and Their Implications on Actual Teaching Strategies and Students' Programming Artifacts. *Journal of Educational Computing Research*, 60(1), 28-55.

<https://doi.org/10.1177/07356331211017793>

Kewalramani, S., Palaiologou, I., Dardanou, M., Allen, K.A. & Phillipson, S. (2021). Using robotic toys in early childhood education to support children's social and emotional competencies. *Australasian Journal of Early Childhood*, 46 (4), 355-369.

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/18369391211056668>

Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P. & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, 91, 14–31.

<https://doi.org/10.1016/j.compe du.2015.08.005>

Kochlan, M. & Hodon, M. (2014). Open hardware modular educational robotic platform e Yrobot. In International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (pp. 1-6).

<https://doi.org/10.1109/RAAD.2014.7002246>

Kong, S. C., Lai, M. & Sun, D. (2020). Teacher development in computational thinking: Design and learning outcomes of programming concepts, practices and pedagogy, *Computers & Education*, 151.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103872>

Koorsse, M., Cilliers, C. & Calitz, A. (2015). Programming assistance tools to support the learning of IT programming in South African secondary schools, *Computers & Education*, 82, 162-178.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.11.020>

Kopcha, T. J., Ocak, C. & Qian, Y. (2021) Analyzing children's computational thinking through embodied interaction with technology: a multimodal perspective. *Education Technology Research and Development*, 69, 1987–2012.

<https://doi.org/10.1007/s11423-020-09832-y>

Kucuk, S. & Sisman, B. (2017). Behavioral patterns of elementary students and teachers in one-to-one robotics instruction. *Computers & Education*, 111, 31–43.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.002>

Kwon, D. Y. Kim, H. S., Shim, J. K., & Lee, W. G. (2012). Algorithmic bricks: a tangible robot programming tool for elementary school students. *Education, IEEE Transactions*, 55(4), 474-479.

<https://doi.org/10.1109/TE.2012.2190071>



Laakso, N. L., Korhonen, T. S. & Hakkarainen, K. (2021). Developing students' digital competences through collaborative game design, *Computers & Education*, 174.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104308>

LaGrandeur, K. (2013). *Androids and intelligent networks in early modern literature and culture*. Artificial Slaves Routledge.

Lambert, L. & Guiffre, H. (2009). Computer science outreach in an elementary school. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 24(3), 118-124.

<https://bit.ly/3Q3Qdb0>

Laros, F. J. M. & Steenkamp, J.-B. E. M. (2005). Emotions in consumer behavior: a hierarchical approach. *Journal of Business Research*, 58(10), 1437-1445.

<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2003.09.013>

Laurent, M., Crisci, R., Bressoux, P., Chaachoua, H., Nurra, C., de Vries, E. & Tchounikine, P. (2022). Impact of programming on primary mathematics learning, *Learning and Instruction*, 82.

<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101667>

Lavonen, J. M., Meisalo, V. P., Lattu, M. & Sutinen, E. (2003). Concretising the programming task: a case study in a secondary school, *Computers & Education*, 40(2), 115-135.

[https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(02\)00101-X](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(02)00101-X).

Lauwers, T. & Nourbakhsh, I. (2010). Designing the Finch: Creating a Robot Aligned to Computer Science Concepts. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 24(3), 1902-1907.

<https://doi.org/10.1609/aaai.v24i3.18833>

Lee, K. T., Sullivan, A. & Bers, M. U. (2013). Collaboration by design: Using robotics to foster social interaction in kindergarten. *Computers in the Schools*, 30(3), 271-281.

[doi:https://doi.org/10.1080/07380569.2013.805676](https://doi.org/10.1080/07380569.2013.805676)

Lee, M. & Lee, J. (2021). Enhancing computational thinking skills in informatics in secondary education: the case of South Korea. *Education Technology Research and Development*, 69, 2869-2893.

<https://doi.org/10.1007/s11423-021-10035-2>

Leroy, A. & Romero, M. (2022) Creative intention and persistence in educational robotic. *Education Technology Research and Development*, 70, 1247-1260.

<https://doi.org/10.1007/s11423-022-10128-6>

Liu, C., Cheng, Y. & Huang, C. (2011). The effect of simulation games on the learning of computational problem solving, *Computers & Education*, 57(3), 1907-1918.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.002>

Lou, Y., Abrami, P. C. & D'Apollonia, S. (2001). Small Group and Individual Learning with Technology: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 71(3), 449-521.

<https://doi.org/10.3102/00346543071003449>

Luo, W., Wei, H. R., Ritzhaupt, A. D., Huggings-Manley, A. C. & Garder-McCune, C. (2019). Using the S-STEM Survey to Evaluate a Middle School Robotics Learning Environment: Validity Evidence in a Different Context. *J Sci Educ Technol* 28, 429–443.

<https://doi.org/10.1007/s10956-019-09773-z>

Luxton-Reilly, A. (2016). Learning to program is easy. Paper presented at the 2016 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, Arequipa, Peru. Association for Computing Machinery. New York, USA (p.p 284–289).

<https://doi.org/10.1145/2899415.2899432>

L

Llorens Largo, F., García-Peñalvo, F. J., Molero Prieto, X. & Vendrell Vidal, E. (2017). La enseñanza de la informática, la programación y el pensamiento computacional en los estudios preuniversitarios. *Education in the Knowledge Society*, 18(2), 7-17.

<https://doi.org/10.14201/eks2017182717>

M

Ma, H., Zhao, M. & Wang, H. (2021). Promoting pupils' computational thinking skills and self efficacy: a problem-solving instructional approach. *Education Technology Research Development*, 69, 1599–1616.

<https://doi.org/10.1007/s11423-021-10016-5>

Maloney, J., Kafai, Y., Resnick, M. & Rusk, N. (2008). Programación por elección: jóvenes urbanos aprendiendo programación con scratch. En el 39º Simposio Técnico SIGCSE sobre Educación en Ciencias de la Computación, Portland, Oregón (págs. 367-371).

Manches, A. & Plowman, L. (2017). Computing education in children's early years: A call for debate. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 191-201.

<https://doi.org/10.1111/bjet.12355>

Mannila, L., Dagiene, V., Demo, B., Grgurina, N., Mirolo, C., Rolandsson, L. & Settle, A. (2014). Computational thinking in K-9 education. In *Proceedings of the working group reports of the 2014 on innovation & technology in computer science education conference* (pp. 1-29). New York, USA: ACM.

<https://doi.org/10.1145/2713609.2713610>

Matere, I., Weng, C., Astatke, M., Hsia C. H. & Fan, C. G. (2021). Effect of design-based learning on elementary students computational thinking skills in visual programming maker course, *Interactive Learning Environments*.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1938612>

Martínez González, R. A. (2007). *La investigación en la práctica educativa: Guía metodológica de investigación para el diagnóstico y evaluación en los centros docentes*. Madrid: Centro de Investigación y Documentación Educativa.

Martínez-González, M. A., Sánchez Villegas, A. & Faulín, J. (2007). *Bioestadística amigable*. Madrid: Ed. Díaz de Santos.

Maya, I., Pearson, J. N., Tapia, T., Wherfel, Q. M. & Reese, G. (2015). Supporting all learners in school-wide computational thinking: a cross-case qualitative analysis. *Computers & Education*, 82, 263-279.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.11.022>

Mayor, A. (2019). *Dioses y robots. Mitos, máquinas y sueños tecnológicos de la antigüedad*. Ed. Desperta Ferro, Madrid.

Mazzoni, E. & Benvenuti, M. (2015). A Robot-Partner for Preschool Children Learning English Using Socio-Cognitive Conflict. *Educational Technology & Society*, 18, 474-485.

<https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.18.4.474>

McGill, M. M. (2012). Learning to program with personal robots: Influences on student motivation. *Transactions on Computing Education*, 12(4), 1-32.

<https://doi.org/10.1145/2133797.2133801>

Mead, R. A., Thomas, S. L. & Weinberg, J. B. (2012). From grade school to grad school: An integrated STEM pipeline model through robotics. In B. S. Barker, G. Nugent, N. Grandgenett, & V. I. Adamchuk (Eds.), *Robots in K-12 education: A new technology for learning* (pp. 302-325). Hershey: IGI Global.

Miranda-Pinto, M. S. (2016). Desafíos de programación y robótica en Educación Preescolar: proyecto Kids Media Lab. En *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje*. Barcelona, España: Octaedro.

Misirli, A. & Komis, V. (2014). Robotics and Programming Concepts in Early Childhood Education: A Conceptual Framework for Designing Educational Scenarios. In: Karagiannidis, C., Politis, P., Karasavvidis, I. (eds) *Research on e-Learning and ICT in Education*. Springer, New York, NY.

https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6501-0_8

Mitnik, R., Recabarren, M., Nussbaum, M. & Soto, A. (2009). Collaborative Robotic Instruction: A Graph Teaching Experience. *Computers & Education*, 53(2), 330-342.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.02.010>

Mondada, F., Bonani, M., Riedo, F., Briod, M., Pereyre, L., Retornaz, P. & Magnenat, S. (2017). Bringing Robotics to Formal Education: The Thymio Open-Source Hardware Robot. *IEEE Robotics & Automation Magazine*.

<https://doi.org/10.1109/MRA.2016.2636372>

Moreno, J., Robles, G., Román, M. & Rodríguez, J. D. (2019). Not the same: a text network analysis on computational thinking definitions to study its relationship with computer programming. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 7.

<https://doi.org/10.6018/riite.397151>

N

Navarro, J. I., Aguilar, M., Marchena, E., Ruiz, G., Menacho, I. & Van Luit, J. E. (2012). Longitudinal study of low and high achievers in early mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 28-41.

<https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02043.x>

Nickels, M. & Cullen, C. J. (2017). Mathematical Thinking and Learning Through Robotics Play for Children With Critical Illness: The Case of Amelia. *Journal for Research in Mathematics Education*, 48(1).

<https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.48.1.0022>

O

Ortega, B. & Lázaro, M. (2022). Teachers' perception about the difficulty and use of programming and robotics in the classroom. *Interactive Learning Environments*.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2061007>

Öztürk, H. T. & Calingasan, L. (2018). Robotics in Early Childhood Education: A Case Study for the Best Practices. In H. Ozcinar, G. Wong, & H. Ozturk (Ed.), *Teaching Computational Thinking in Primary Education*. IGI Global.

<https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3200-2.ch010>

P

Palmieri, S., Antonello, G., Bano, L. & Grimaldi, R. (2022). Robotica educativa e sostenibilità ambientale: la "Serra Otonga", in *Atti Didamatica*, 351-360.

Philip, T. M. & Gupta, A. (2020). Emerging Perspectives on the Co-Construction of Power and Learning in the *Learning Sciences, Mathematics Education, and Science Education*. *Review of Research in Education*, 44(1), 195–217.

<https://doi.org/10.3102/0091732X20903309>

Pinkard, N., Erete, S., Martin, C. K. & McKinney, M. (2017) Digital Youth Divas: Exploring Narrative-Driven Curriculum to Spark Middle School Girls' Interest in Computational Activities, *Journal of the Learning Sciences*, 26(3), 477- 516.

<https://doi.org/10.1080/10508406.2017.1307199>

Pinto, A. M., Casillas, S., Cabezas, M. & García, F. J. (2018). Building, coding and programming 3D models via a visual programming environment. *Quality & Quantity*, 52(6), 2455–2468.

<https://doi.org/10.1007/s11135-017-0509-4>

Pozdniakov, S. & Freiman, V. (2021). Technology-supported innovations in mathematics education during the last 30 years: Russian perspective. *ZDM Mathematics Education*, 53, 1499–1513.

<https://doi.org/10.1007/s11858-021-01279-6>

R

Relkin, E., de Ruiter, L. & Bers, M. U. (2020). TechCheck: Development and Validation of an Unplugged Assessment of Computational Thinking in Early Childhood Education. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 482-498.

<https://doi.org/10.1007/s10956-020-09831-x>

Relkin, E., de Ruiter, L. & Bers, M. U. (2021). Learning to code and the acquisition of computational thinking by young children, *Computers & Education*, 169.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104222>

Resnick, M., Maloney, J., Hernández, A. M., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programación para Todos, *Comunicaciones de la ACM*, 52(11).

<http://web.media.mit.edu/~mres/papers/Scratch-CACM-final.pdf>

Resnick, M. (2017). *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity Through Projects, Passion, Peers, and Play*. MIT Press.

<https://doi.org/10.7551/mitpress/11017.001.0001>

Reyes Vélez, P. E. (2017). El desarrollo de habilidades lógico matemáticas en la educación. *Polo del conocimiento*, 2(4), 198-202.

<https://doi.org/10.23857/pc.v2i4.259>

Revelo Sánchez, O., Collazos Ordóñez, C. A. & Jiménez Toledo, J. A. (2018). El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura. *TecnoLógicas*, 21(41), 115-134.

<https://doi.org/10.22430/22565337.731>

Rodríguez Martínez, J., González Calero, J. A. & Sáez-López, J. M. (2019). Computational thinking and mathematics using Scratch: an experiment with sixth-grade students. *Interactive Learning Environments*, 28, 1-12.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1612448>

Román González, M. (2016). Código alfabetización y pensamiento computacional en educación primaria y secundaria: validación de un instrumento y evaluación de programas. Tesis doctoral. UNED.

Romero, M., Lepage, A. & Lille, B. (2017). Computational thinking development through creative programming in higher education. *International Journal of Education Technology in Higher Education*, 14, 42.

<https://doi.org/10.1186/s41239-017-0080-z>

Rose, P., Habgood, M. P. & Jay, T. (2020). Designing a Programming Game to Improve Children's Procedural Abstraction Skills in Scratch. *Journal of Educational Computing Research*, 58(7), 1372-1411.

<https://doi.org/10.1177/0735633120932871>

Roy, D., Oudeyer, P. Y., Magnenat, S., Riedo, F., Gerber, G., Chevalier, M. S. D., & Mondada, F. (2015). Inirobot: a pedagogical kit to initiate children to concepts of robotics and Computer Science. *International Conference on Robotics in Education*. 1-7.

<https://hal.inria.fr/hal-01144435>

S

Sáez López, J. M. (2019). *Programación y Robótica en Educación Infantil, Primaria y Secundaria*. Editorial UNED.

Sáez López, J. M. (2017). *Investigación educativa. Fundamentos teóricos, procesos y elementos prácticos*. Madrid: UNED.

Sáez López, J. M. (2012). Valoración del impacto que tienen las TIC en educación primaria en los procesos de aprendizaje y en los resultados a través de una triangulación de datos. *Relatec, Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 11 (2), 11-24.

http://dehesa.unex.es:8080/xmlui/bitstream/handle/10662/775/1695-288X_11_2_11.pdf?sequence=1

Sáez López, J. & Buceta Otero, R. (2023). El robot M Bot para el aprendizaje de coordenadas cartesianas en educación secundaria. *Pixel-Bit*, 66, 271-301.

<https://doi.org/10.12795/pixelbit.95617>

Sáez López, J. M., Buceta Otero, R. & De Lara García-Cervigón, S. (2021). La aplicación de la robótica y programación por bloques en la enseñanza elemental. *RIED-Revista Iberoamericana De Educación a Distancia*, 24(1), 95–113.

<https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27649>

Sáez López, J. M. & Cózar Gutiérrez, R. (2017). Programación visual por bloques e Educación Primaria: Aprendiendo y creando contenidos en Ciencias Sociales. *Revista Complutense de Educación*, 28 (2), 409-426.

http://dx.doi.org/10.5209/rev_RCED.2017.v28.n2.49381

Sáez Lopez, J. M. & Miyata, Y. (2013). Integrating Scratch in primary education. Paper presented at Scratch Connecting Worlds, Citilab Cornella, Barcelona.

<http://scratch2013bcn.org/node/173>

Sáez López, J. M., Román González, M. & Vázquez Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using “Scratch” in five schools. *Computers & Education*, 97, 129-141.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.003>

Sáez López, J. M., Ruiz Ruiz, J. M & Cacheiro González, M. L. (2013). Reviews and Practice of College Students Regarding Access to Scientific Knowledge: A Case Study in Two Spanish Universities. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 14(5), 51-68.

<http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/1609>

Sáez López, J. M. & Sevillano-García, M. L. (2017). Sensors, programming and devices in art education sessions. One case in the context of primary education. *Culture and Education*, 29(2), 350-384.

<https://doi.org/10.1080/11356405.2017.1305075>

Sáez López, J. M., Sevillano-García, M. L. & Vázquez-Cano, E. (2019). The effect of programming on primary school students’ mathematical and scientific understanding: educational use of mBot. *Educational Technology Research and Development*, 67(6), 1405-1425.

<https://doi.org/10.1007/s11423-019-09648-5>

Sánchez Martín, F.M., Millán Rodríguez, F., Salvador Bayarri, J., Palou Redorta, J., Rodríguez Escovar, F., Esquena Fernández, S. & Villavicencio Mavrich, H. (2007). Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al Robot da Vinci. (Parte II), *Actas Urológicas Españolas*, 31(3), 185-196.

[https://doi.org/10.1016/S0210-4806\(07\)73624-0](https://doi.org/10.1016/S0210-4806(07)73624-0)

Schina, D., Esteve-González, V. & Usart, M. (2021). An overview of teacher training programs in educational robotics: characteristics, best practices and recommendations. *Education and Information Technologies*, 26, 2831–2852.

<https://doi.org/10.1007/s10639-020-10377-z>

Schliemann, A. D. (2002). Herramientas de representación y comprensión matemática, *Journal of the Learning Sciences*, 11(2-3), 301-317.

<https://doi.org/10.1080/10508406.2002.9672141>

Segredo, E., Miranda, G. & León, C. (2017). Hacia la educación del futuro: El pensamiento computacional como mecanismo de aprendizaje generativo. *Education in the Knowledge Society (EKS)*. 18(2), 33-58.

<https://doi.org/10.14201/eks2017182335>

Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G. & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: a theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 18, 351-380.

<https://doi.org/10.1007/s10639-012-9240-x>

Serholt, S. (2018). Breakdowns in children's interactions with a robotic tutor: A longitudinal study. *Computers in Human Behavior*, 81, 250-264.

<https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.030>

Sierra Bravo, R. (1994). *Tesis Doctorales y Trabajo de Investigación Científica*. Madrid: Ed. Paraninfo.

Simarro, C. & Couso, D. (2017). Análisis del papel de la intervención adulta en una actividad Making en un contexto informal. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1511-1518.

<https://ddd.uab.cat/record/184421>

Sisman, B., Gunay, D. & Kucuk, S. (2019). Development and validation of an educational robot attitude scale (ERAS) for secondary school students, *Interactive Learning Environments*, 27(3), 377-388.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1474234>

Spolaôr, N. & Vavassori, F. B. (2017). Robotics applications grounded in learning theories on tertiary education: A systematic review. *Computers & Education*, 112, 97-107.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.001>

Sullivan, A. & Bers, M. U. (2016). Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 3-20.

<https://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>

Sullivan, A. & Bers, M. U. (2017). Dancing robots: integrating art, music, and robotics in Singapore's early child-hood centers. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(2), 325-346.

<https://doi.org/10.1007/s10798-017-9397-0>

Sun, D., Ouyang, F., Li, Y. & Zhu, C. (2021). Comparing learners' knowledge, behaviors, and attitudes between two instructional modes of computer programming in secondary education. *International Journal of STEM Education* 8, 54.

<https://doi.org/10.1186/s40594-021-00311-1>

T

Tsai, M. J., Wang, C. Y. & Hsu, P. F. (2019). Developing the Computer Programming Self-Efficacy Scale for Computer Literacy Education. *Journal of Educational Computing Research*, 56(8), 1345–1360.

<https://doi.org/10.1177/0735633117746747>

Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R. & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies, *Computers & Education*, 148.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>

Tatar, D., Roschelle, J., Knudsen, J., Shechtman, N., Kaput, J. & Hopkins, B. (2008). Scaling Up Innovative Technology-Based Mathematics, *Journal of the Learning Sciences*, 17(2), 248-286.

<https://doi.org/10.1080/10508400801986090>

U

Ucgu, M. & Cagiltay, K. (2014). Design and development issues for educational robotics training camps. *International Journal of Technology and Design Education*, 24, 203–222.

<https://doi.org/10.1007/s10798-013-9253-9>

V

Vando, A. H. , Su-Hang, Y., Mahesh, L., Jen-Hang, W. & Gwo-Dong, C. (2022). Robots in situated learning classrooms with immediate feedback mechanisms to improve students' learning performance, *Computers & Education*, 182.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104483>

Verner, I. M., Perez, H. & Lavi, R. (2022). Characteristics of student engagement in high-school robotics courses. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 2129–2150.

<https://doi.org/10.1007/s10798-021-09688-0>

Visauta, B. (1998). *Análisis Estadístico con SPSS para Windows. Estadística Multivariante. Volumen II*. Madrid: McGraw-Hill.

Vona, M. & Shekar, N. (2013). Teaching robotics software with the open hardware mobile manipulator. *IEEE Transactions on Education*, 56, 42-47.

<https://doi.org/10.1109/TE.2012.2218657>

Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P. & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715-728.

<https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>

W

Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

<https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

Witherspoon, E. B., Schunn, C.D., Higashi, R.M. & Baehr, E. (2016). Gender, interest, and prior experience shape opportunities to learn programming in robotics competitions. *International Journal of STEM Education*, 3, 18.

<https://doi.org/10.1186/s40594-016-0052-1>

Wu, T. T. & Chen, J. M. (2022). Combining Webduino Programming With Situated Learning to Promote Computational Thinking, Motivation, and Satisfaction Among High School Students. *Journal of Educational Computing Research*, 60(3), 631–660.

<https://doi.org/10.1177/07356331211039961>

Wyeth, P. (2008). How young children learn to program with sensor, action, and logic blocks. *Journal of the Learning Sciences*, 17(4), 517-550.

<https://doi.org/10.1080/10508400802395069>

Y

Yang, Y., Long, Y., Sun, D., Van Aalst, J. & Cheng, S. (2020). Fostering students' creativity via educational robotics: an investigation of teachers' pedagogical practices based on teacher interviews. *British Journal of Educational Technology*, 51(5), 1826-1842.

<https://doi.org/10.1111/bjet.12985>

Yang, W., Ng, D. T. K. & Gao, H. (2022). Robot programming versus block play in early childhood education: Effects on computational thinking, sequencing ability, and self-regulation. *British Journal of Educational Technology*, 53(6), 1817-1841.

<https://doi.org/10.1111/bjet.13215>

Yanış, H. & Yürük, N. (2020). Development, Validity, and reliability of an educational robotics based Technological Pedagogical Content Knowledge Self-efficacy scale. *Journal of Research on Technology in Education*, 53(4), 375-403.

<https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1784065>

Z

Zapata, M. (2019). Pensamiento computacional desenchufado. *Education in the Knowledge Society*, 20, 29.

https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a18

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*, 59(7), 1450-1481.

<https://doi.org/10.1177/0735633121994070>

Zheng, B., Warschauer, M., Lin, C. & Chang, C. K. (2016). Learning in One-to-One laptop environments. *Review of Educational Research*, 86(4), 1052-1084.

<https://doi.org/10.3102/0034654316628645>

Zhong, B., Kang, S. & Zhan, Z. (2020). Investigating the effect of reverse engineering pedagogy in K-12 Robotics Education. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(5), 1097-1111.

<https://doi.org/10.1002/cae.22363>

Zhong, B. & Xia, L. (2018). A Systematic Review on Exploring the potential of educational robotics in Mathematics Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 79-101.

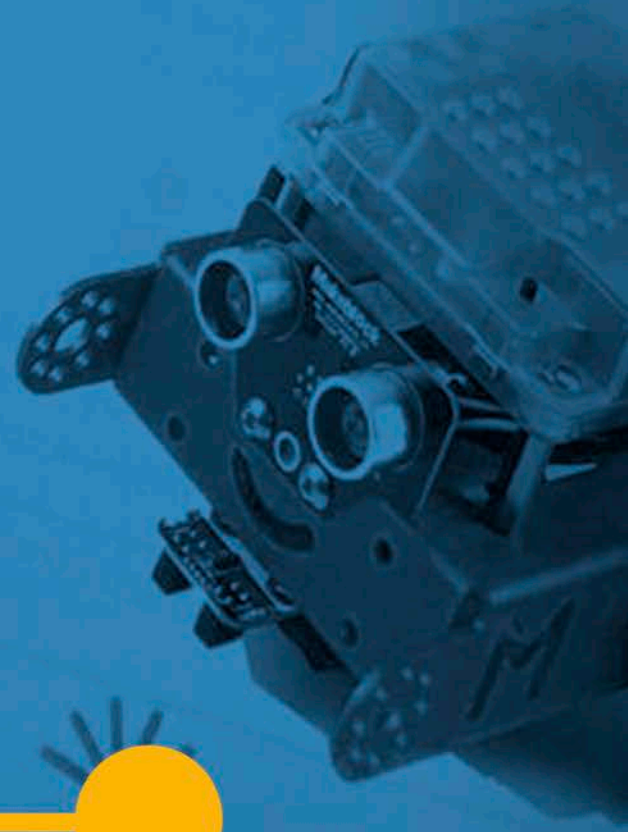
<https://doi.org/10.1007/s10763-018-09939-y>

Zhou, N., Pereira, N., George, T. T., Alperovich, J., Booth, J. W., Chandrasegaran, S., Tew, J. D., Kulkarni, A. & Ramani, K. (2017). The influence of toy design activities on middle school students' understanding of the engineering design processes. *Journal of Science Education and Technology*, 26(5), 481-493.

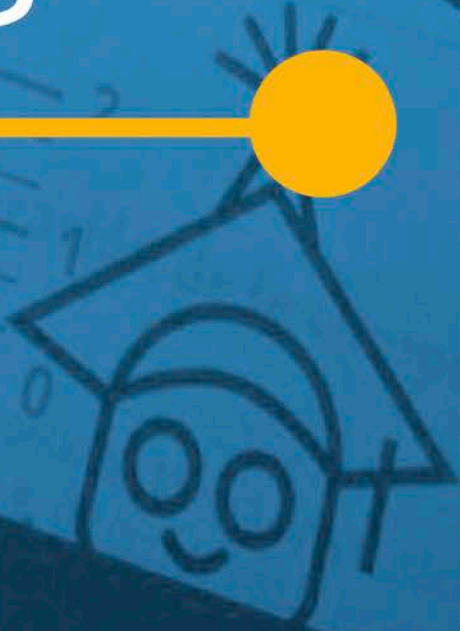
<https://doi.org/10.1007/s10956-017-9693-1>

Aplicación
el aula

Guía de trabajo



ANEXOS



¡Muchas gracias!

ANEXO I: Solicitud al Ministerio de Educación y Formación Profesional

Justificante de Presentación	
Datos del interesado:	
NIF - 35461242A	ROGELIO BUCETA OTERO
Dirección: Calle Comodoro Torrey 00, Bloques G, Escaleras G, Planta 4, Puerta 4 Roquetas de Mar 04720 (Almería-España)	
Teléfono de contacto: 002030449	
Correo electrónico: bucetaotero@hotmail.com	
<p>El presente justificante tiene validez a efectos de presentación de la documentación en este Registro Electrónico y no prejuzga la admisión del escrito para su tramitación. La fecha y hora de este Registro Electrónico es la de la Sede electrónica del Punto de Acceso General (https://sede.administracion.gob.es/). El inicio del cómputo de los plazos que hayan de cumplir las Administraciones Públicas vendrá determinado por la fecha y hora de presentación en el registro electrónico de cada Administración u organismo.</p>	
Número de registro:	REGAGE22e00010346300
Fecha y hora de presentación:	30/03/2022 17:51:17
Fecha y hora de registro:	30/03/2022 17:51:17
Tipo de registro:	Entrada
Oficina de registro electrónico:	REGISTRO ELECTRONICO
Organismo destinatario:	E05024101 - Ministerio de Educación y Formación Profesional
Organismo raíz:	E05024101 - Ministerio de Educación y Formación Profesional
Nivel de administración:	Administración General del Estado
Asunto:	Solicitud de autorización para realizar investigación
Expone:	Que en la actualidad se encuentra en proceso de elaboración de la tesis doctoral titulada "LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA. UN CAMBIO METODOLÓGICO PARA EL TRABAJO EN EL AULA". Es un estudio cuasi experimental que se quiere llevar a cabo con una selección no probabilística e intencional entre el alumnado del IES Ciudad de Dalías situado en la provincia de Almería.
Solicita:	La autorización por escrito para llevar a cabo el estudio, incluyendo la realización de las actividades y la aplicación de los cuestionarios y otras pruebas necesarias. La intervención se llevará a cabo en horario lectivo y gestionado tanto por el solicitante como por los profesores titulares del centro educativo.
Documentos anexados:	
Alerta por SMS:	No
Alerta por correo electrónico:	Si

ANEXO II: Solicitud a la directora del Centro



Consejería de Desarrollo Educativo
y Formación Profesional

I.E.S. Ciudad de Dalías
Avda de las Alpujarras, 254
04750 Dalías (Almería)

1. DATOS DEL SOLICITANTE

APELLIDOS	BUCETA OTERO	NOMBRE	ROGELIO
D.N.I.	0310121274	DOMICILIO	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
MUNICIPIO	ROQUETAS DE MAR	PROVINCIA	ALMERÍA
EMAIL	XXXXXXXXXXXX@XXXXXXXXXX	TELÉFONO	XXXXXXXXXXXX

2. EXPONE

Se encuentra en proceso de elaboración de su tesis doctoral titulada "ROBÓTICA EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA. UN CAMBIO METODOLÓGICO PARA EL TRABAJO EN EL AULA", dirigida por el Dr. José Luis García Llamas y el Dr. José Manuel Sáez López, profesores en la Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Se trata de un estudio de investigación cuasi experimental con alumnos y alumnas del primer curso de la E.S.O. sobre la influencia del trabajo con robots en el entorno educativo para el estudio de las coordenadas cartesianas en las sesiones de matemáticas.

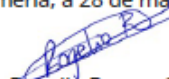
3. SOLICITA

La autorización por escrito para poder llevar a cabo en horario lectivo el experimento y la posterior aplicación de varios cuestionarios al alumnado participante.

La duración de las sesiones de trabajo, así como de la aplicación de los cuestionarios se detallarán adecuadamente en reunión presencial previa a la realización de la investigación.

Se indica que a la finalización del estudio se facilitará un informe con los resultados obtenidos, así como todas aquellas publicaciones que se deriven del mismo.

En Almería, a 28 de marzo de 2022


Rogelio Buceta Otero



ANEXO III: Solicitud a los padres y madres del alumnado



Estimado/a padre/madre:

Por la presente Rogelio Buceta Otero, estudiante de la Escuela Internacional de Doctorado EIDUNED, se dirige a usted para informarle de que actualmente se encuentra en proceso de elaboración de su tesis doctoral titulada "ROBÓTICA EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA. UN CAMBIO METODOLÓGICO PARA EL TRABAJO EN EL AULA". Se trata de un proyecto de investigación con alumnado escolarizado en centros públicos de Educación Secundaria Obligatoria, contando con la autorización de la Dirección del centro.

Para llevar a cabo este estudio, se ha seleccionado de forma **estratificada, proporcional y aleatoria** a una serie de alumnos y alumnas de 1º E.S.O. entre los que se encuentra su hijo o hija.

El motivo de esta carta es pedirle su autorización para trabajar con su hijo o hija el experimento y la posterior aplicación de varios cuestionarios relativos al uso de robots para la enseñanza de las matemáticas, dentro del proceso de elaboración de la tesis doctoral. Las pruebas **no interferirán en su proceso de aprendizaje** ya que se llevarán a cabo durante el horario lectivo de la asignatura de matemáticas con la colaboración del profesorado de la materia durante la impartición de una de sus unidades didácticas .

La toma de datos estará estructurada de la siguiente forma:

- **Primera parte:** obtención de datos socioculturales y de identificación (nombre, edad, fecha de nacimiento, nombre del instituto, curso, país de procedencia y número de hermanos).
- **Segunda parte:** el profesorado de matemáticas impartirá una unidad didáctica sobre coordenadas cartesianas utilizando el robot mBot y un tapiz como plano de trabajo de ejes coordenados sobre el que se realizarán ejercicios prácticos.
- **Tercera parte:** evaluación del proceso de aprendizaje. Se entregará un cuadernillo al alumnado seleccionado con actividades prácticas que requerirán el uso del robot para resolver problemas relacionados con el movimiento por el plano cartesiano. Posteriormente se realizará una encuesta de autoevaluación y satisfacción del alumnado.



Las pruebas se realizarán durante el mes de abril del curso académico 2021/2022. Posteriormente, una vez elaboradas las conclusiones de la investigación, se facilitará un **completo informe personalizado** a la Dirección con los resultados obtenidos. Este informe podrá ser consultado por las personas interesadas solicitándolo previamente.

Sin más, agradeciendo su implicación en este tipo de proyectos,

En Almería, a 25 de marzo de 2022

Fdo. Rogelio Buceta Otero

Autorización de las familias

D/Dña. _____ con D.N.I./pasaporte nº _____ firmo este documento como padre/madre/tutor legal (táchese lo que proceda) del alumno/alumna _____ matriculado/a en el grupo _____ en el IES Ciudad de Dalías, una vez que conozco los detalles del estudio,

AUTORIZO

a D. Rogelio Buceta Otero para llevar a cabo en horario lectivo el experimento y la aplicación de varios cuestionarios al alumnado del centro participante dentro del proceso de elaboración de la tesis doctoral "ROBÓTICA EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA. UN CAMBIO METODOLÓGICO PARA EL TRABAJO EN EL AULA".

En _____, a _____ de _____ de 2022

PADRE/MADRE/ O TUTOR/A LEGAL

Fdo. _____ -

ANEXO IV: Autorización para la utilización y publicación de fotografías



En cumplimiento de lo dispuesto en el **Reglamento General de Protección de Datos**, se le informa que las fotografías, vídeos y demás contenido audiovisual en las cuales aparezca la imagen de su hijo/a individualmente o en grupo realizadas durante la realización de la tesis doctoral denominada **"ROBÓTICA EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA. UN CAMBIO METODOLÓGICO PARA EL TRABAJO EN EL AULA"** serán incorporados para su tratamiento al fichero "Contenido audiovisual generado con la tesis doctoral" con la finalidad de difundir y promocionar los resultados entre la comunidad educativa y científica.

D/Dña. _____ con
D.N.I./pasaporte nº _____ firmo este documento como
padre/madre/tutor legal (táchese lo que proceda) del alumno/alumna
_____ matriculado/a en el grupo _____ en el IES
Ciudad de Dalías,

DOY MI CONSENTIMIENTO

Para utilizar desde este momento todo el material audiovisual generado para la promoción, difusión y/o publicación de todo aquel contenido derivado de la investigación.

Si lo desea, podrá ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición de sus datos dirigiéndose al responsable principal del estudio.

En _____, a _____ de _____ de 2022

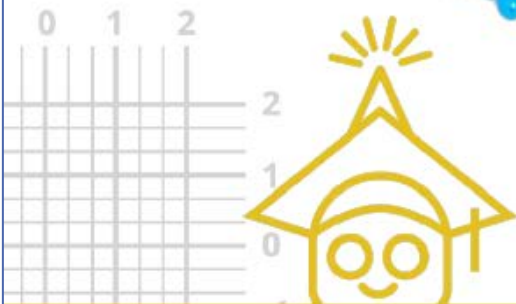
PADRE/MADRE/ O TUTOR/A LEGAL

Fdo. _____

ANEXO V: Guía de trabajo para su aplicación en el Aula

Aplicación en el aula

Guía de trabajo



¡Muchas gracias por tu participación!

UNED

Escuela
Internacional
de Doctorado
EIDUNED

Juegos Olímpicos Cartesianos



Agrupamientos

Para llevar a cabo estos Juegos Olímpicos Cartesianos se deberán hacer equipos de tres componentes. Estos equipos permanecerán indivisibles durante todas las actividades.



Cada equipo deberá inventarse un nombre que lo represente a lo largo de toda la competición. Será aceptado por todos los miembros del grupo y entregado al árbitro antes de empezar con la competición.

Es obligatoria la participación activa de todos los miembros que componen el equipo.



Duración de la competición

La competición tendrá una duración de tres jornadas de veinte minutos cada una, en la que cada equipo deberá resolver distintas actividades que se le presentan.

2

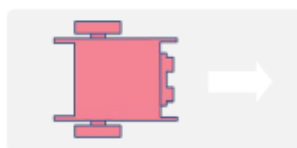


Funcionamiento del robot

El funcionamiento del robot es muy sencillo, está programado para que todos vosotros y vosotras podáis jugar con él rápidamente sin ningún tipo de inconvenientes.

La secuencia que hay que seguir para cargar las coordenadas del mBot es el que se detalla a continuación:

- Paso 1** Situar el mBot en las coordenadas que queramos, con el frontal del robot orientado obligatoriamente hacia la derecha. El mBot está diseñado para detectar las líneas, tanto longitudinales como transversales, por lo tanto procura dejarlo bien situado.



Ahora toca el turno de enviarle las coordenadas con el mando al robot. Sigue siendo muy sencillo, y para ello deberás seguir la siguiente secuencia:

- Paso 2** -Selección del signo del eje X (eje de abscisas). Para seleccionar el signo debemos usar las flechas del mando izquierda-derecha (ver imagen).



- Paso 3** -Selección del valor del eje X (eje de abscisas). Para seleccionar el valor del eje debemos usar los botones de los números que tiene el mando (ver imagen).

3



Zona numérica



Paso 4

-Selección del signo del eje Y (eje de ordenadas). Para seleccionar el signo debemos usar las flechas del mando arriba-abajo (ver imagen).



Paso 5

-Selección del valor del eje Y (eje de ordenadas). Para seleccionar el valor del eje debemos usar los botones de los números que tiene el mando (ver imagen).



Zona numérica



Paso Final

-Automáticamente el mBot se dirigirá al punto señalado a través de las coordenadas.

El robot inicia los movimientos considerando que el punto de partida es la coordenada (0,0). Si queréis que inicie sus movimientos desde otro punto, debéis calcular las coordenadas de destino partiendo de otro valor inicial.

4



Primera prueba: Vete al punto

La primera prueba consiste en llevar al mBot desde el centro del tablero de juego (coordenada 0,0) hasta el punto que salga en la ruleta virtual. Se deberán insertar las coordenadas en el robot y comprobar que llega al destino correcto.

Actuación:

Trabajarán todos los miembros del equipo, pero actuando individualmente y sin ninguna ayuda por parte de los compañeros. Únicamente se permite un intento por **persona** (3 intentos en total por equipo).

Puntuación:

- Si llega a la coordenada indicada correctamente: +1 punto.
- Si no llega a la coordenada indicada correctamente: -1 punto.



Segunda prueba: Sal del laberinto

La prueba consiste en salir de un laberinto sencillo compuesto por 4 bloques, saliendo desde un punto y llegando a otro punto determinado de forma aleatoria por la ruleta virtual.

Para la solución de este reto se deberán tener en cuenta las distancias entre ambos lugares.

Actuación:

Trabajarán todos los miembros del equipo, de forma grupal y coordinadamente. El equipo dispondrá de 2 minutos para pensar las coordenadas que debéis grabar en el robot. Únicamente se permite un intento por equipo.

Puntuación:

- Si llega a la coordenada indicada correctamente: +3 puntos.
- Si no llega a la coordenada indicada correctamente: -1 punto.

5



Tercera prueba: Taller de reciclaje

La prueba consiste en llevar al robot desde el punto inicial a dos zonas de reciclaje, a las que deberán llevar dos objetos determinados de forma aleatoria por la ruleta virtual.

El robot deberá llegar al primer punto. Desde ahí se recargarán las nuevas coordenadas y deberá llegar al segundo punto.

Actuación:

Trabjarán todos los miembros del equipo, de forma grupal y coordinadamente. El equipo dispondrá de 3 minutos en total para completar el reto. Únicamente se permite un intento por equipo.

Puntuación:

- Si llega a las dos zonas de reciclaje indicadas correctamente: +5 puntos.
- Si llega a una zona de reciclaje indicada correctamente: +2 puntos.
- Si no llega a ninguna zona de reciclaje indicada correctamente: -1 punto.



Tabla para control de las puntuaciones

Nombre equipo	Primera prueba	Segunda prueba	Tercera prueba



¿Qué objetivos he trabajado?

- Comprender el sistema de coordenadas por medio de aplicaciones prácticas.
- Entender cómo funciona un robot guiado por coordenadas.
- Conocer conceptos computacionales básicos (bucle, condicionales, etc).
- Sumar coordenadas teniendo en cuenta los puntos de partida del movimiento.
- Usar nuevas metodologías de trabajo aumentando los niveles de motivación.
- Trabajar en equipo con el objeto de conseguir un objetivo común.
- Respetar los logros alcanzados tanto a nivel individual como grupal.

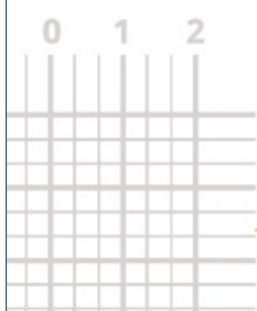
6

ANEXO VI: Cuestionario sobre las dimensiones de la investigación

La robótica educativa en la enseñanza

Un cambio metodológico para el trabajo en el aula

PRIMERA PARTE



Nº de registro:
(PERS001)

¡Muchas gracias por tu participación!





INSTRUCCIONES PARA COMPLETAR EL CUESTIONARIO

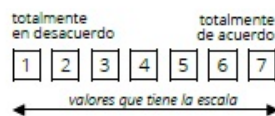
A continuación se presentan una serie de preguntas que deberás responder con la mayor sinceridad posible. Señala la opción que hayas elegido con una cruz. En caso de equivocación, tacha el error y señala nuevamente la respuesta correcta.

EJEMPLO

(PERS001) Participé con más ganas en las actividades propuestas totalmente en desacuerdo totalmente de acuerdo

1 2 3 4 5 6 7

Si piensas que cuando participaste en las actividades propuestas tenías muchas ganas al hacerlas deberías responder con valores altos y si por el contrario crees que las ganas que tenías no eran demasiadas deberías elegir valores bajos. Si no estás de acuerdo ni desacuerdo con lo indicado en el ítem puedes elegir valores intermedios.



Dispones de un total de 30 minutos para completar el cuestionario. Al terminar debes entregárselo al examinador. Él se encargará de registrar tu ejercicio.



RECUERDA, SÓLO DEBE HABER UNA MARCA POR CADA ÍTEM

2



Datos de identificación

(PERS002) ¿Cómo se llama el centro educativo donde estás estudiando?

.....

(PERS003) Actualmente, ¿qué curso estás estudiando?

Primero de la ESO

Segundo de la ESO

(PERS004) ¿Cuál es tu género?

Hombre

Mujer

(PERS005) ¿Cuál es tu edad a fecha 31 de diciembre del año actual?

11 años

13 años

12 años

14 años

(PERS006) ¿Utilizaste robots (mBot) para el trabajo de la unidad didáctica?

Sí utilicé robots

NO utilicé robots

Dimensión de aprendizaje activo (Hiltz, Coppola, Rotter & Turoff, 2000)

	totalmente en desacuerdo	totalmente de acuerdo
(APREN007) Aprendí cosas con mucha aplicación práctica	1 2 3 4 5 6 7	
(APREN008) Identifiqué cuál era el tema de estudio principal	1 2 3 4 5 6 7	
(APREN009) Me interesé mucho por el tema	1 2 3 4 5 6 7	
(APREN010) Participé con muchas ganas en las actividades propuestas	1 2 3 4 5 6 7	
(APREN011) Esa forma de trabajar me ayudó a aprender fácilmente	1 2 3 4 5 6 7	

Conceptos computacionales (Modificado de Sáez & Miyata, 2013)

	totalmente en desacuerdo	totalmente de acuerdo
(COMP012) Conozco diversos elementos usados en programación	1 2 3 4 5 6 7	
(COMP013) Entiendo el funcionamiento de los bucles en programación	1 2 3 4 5 6 7	
(COMP014) Sé que son los eventos en programación	1 2 3 4 5 6 7	



	totalmente en desacuerdo	totalmente de acuerdo
(COMP015) Mejoré mi capacidad de compartir los contenidos trabajados	1 2 3 4 5 6 7	
(COMP016) Mostré al resto de los compañeros/as los ejercicios llevados a cabo	1 2 3 4 5 6 7	

Conceptos matemáticos (Elaboración propia)

	totalmente en desacuerdo	totalmente de acuerdo
(MATE017) Comprendí el concepto de eje de coordenadas	1 2 3 4 5 6 7	
(MATE018) Aprendí a situar un punto usando coordenadas	1 2 3 4 5 6 7	
(MATE019) Hice operaciones básicas usando coordenadas	1 2 3 4 5 6 7	
(MATE020) Aprendí a aplicar las matemáticas en situaciones reales	1 2 3 4 5 6 7	

Utilidad percibida (Modificado de Davis, Bagozzi & Warshaw, 2002)

	totalmente en desacuerdo	totalmente de acuerdo
(PERC021) Esta forma de trabajo me ayudó a aprender con más rapidez	1 2 3 4 5 6 7	
(PERC022) El material utilizado me ayudó a aprender con más facilidad	1 2 3 4 5 6 7	
(PERC023) El material didáctico fue útil	1 2 3 4 5 6 7	
(PERC024) Las actividades propuestas me resultaron muy amenas	1 2 3 4 5 6 7	
(PERC025) Realizar este tipo de actividades me ayudó a razonar mejor	1 2 3 4 5 6 7	

Diversión/disfrute durante las actividades de aprendizaje (Laros & Steenkamo, 2005)

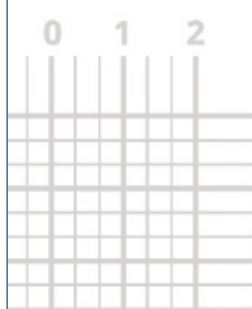
	totalmente en desacuerdo	totalmente de acuerdo
(DMER026) Me sentí bien mientras hacía las tareas	1 2 3 4 5 6 7	
(DMER027) Me gustó mucho el trabajo propuesto	1 2 3 4 5 6 7	
(DMER028) Estaba muy contento/a mientras hacía las actividades	1 2 3 4 5 6 7	
(DMER029) Me sentí motivado/a	1 2 3 4 5 6 7	
(DMER030) Estaba muy relajado/a y cómodo/a	1 2 3 4 5 6 7	

ANEXO VII: Cuestionario sobre conocimientos matemáticos

La robótica educativa en la enseñanza

Un cambio metodológico para el trabajo en el aula

SEGUNDA PARTE



Nº de registro:
(PERS001)

¡Muchas gracias por tu participación!

UNED

Escuela
Internacional
de Doctorado
EIDUNED

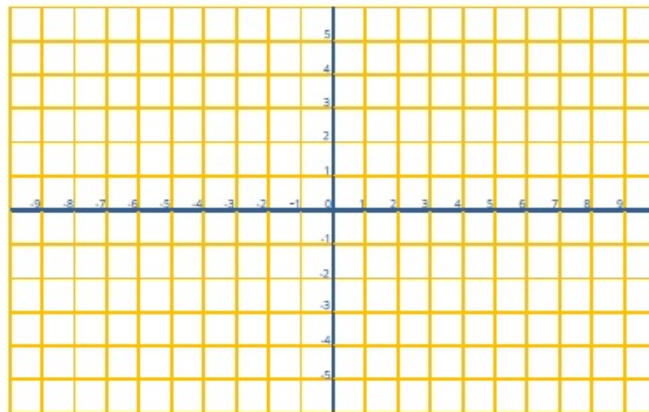
**Pregunta 1**

Representa los siguientes puntos en los ejes cartesianos.

A (9,-5) B (-5,-4) C (2,3) D (-4, 2)
 E (3,4) F (-7,-3) G (-8,5) H (4, -5)

1 punto

(PREG031)

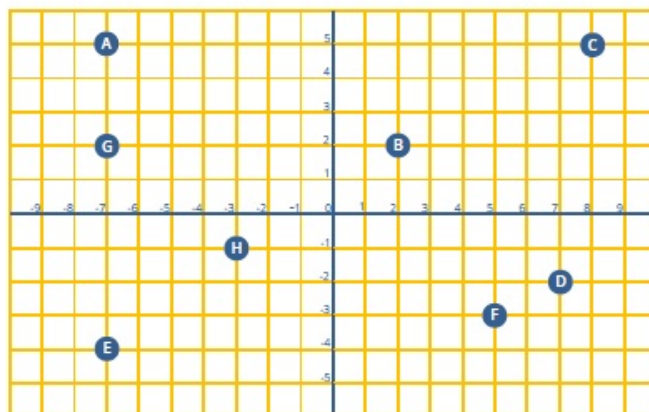
**Pregunta 2**

Escribe las coordenadas de los puntos que aparecen en la figura.

A(,) B(,) C(,) D(,)
 E(,) F(,) G(,) H(,)

1,5 puntos

(PREG032)



2



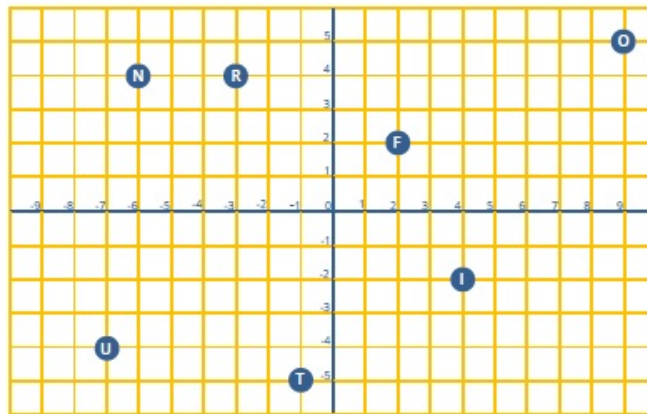
Pregunta 3

Escribe sobre cada par ordenado la letra que le corresponde. A continuación descubre y escribe qué palabra se forma.

1,5 puntos

(PREG033)

$(-1, -5)$	$(-3, 4)$	$(4, -2)$	$(-7, -4)$	$(-6, 4)$	$(2, 2)$	$(9, 5)$



Pregunta 4

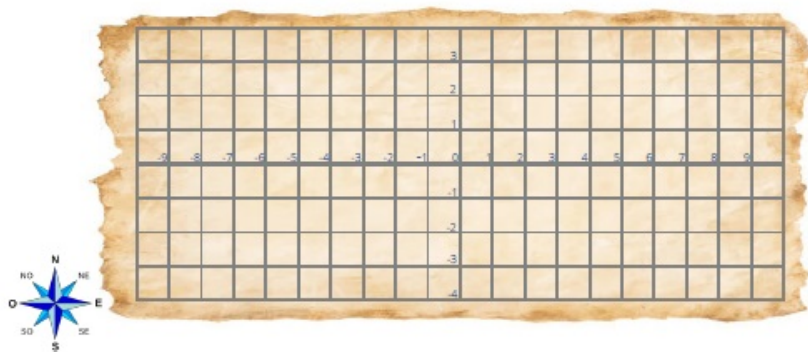
Dibuja el recorrido en el plano cartesiano del mapa que se muestra a continuación. Sigue las indicaciones y marca el camino que debes seguir para encontrar el tesoro. Completa los espacios en blanco.

2 puntos

(PREG034)

- Inicia el recorrido del punto $(-6, -3)$.
- Camina hacia el Sur 1 casilla. Llegas al punto $(_, _)$.
- Camina hacia el Este 14 casillas. Llegas al punto $(_, _)$.
- Camina hacia el Norte 6 casillas. Llegas al punto $(_, _)$.
- Por último, camina hacia el Oeste 9 casillas.

El tesoro está en el punto $(_, _)$.



3



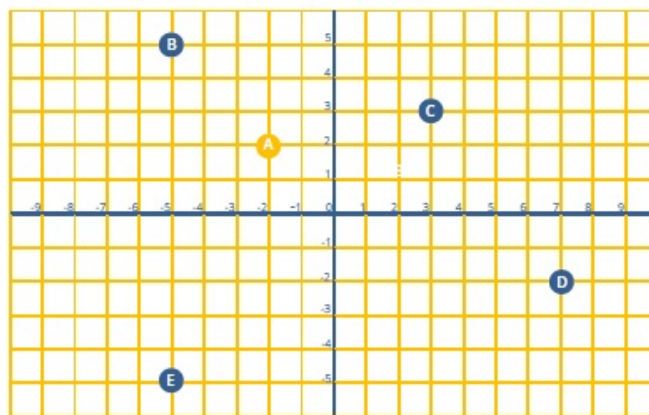
Pregunta 5

Escribe las coordenadas que debe seguir un robot para moverse entre los puntos que se indican a continuación.

2 puntos

(PREG035)

- A ⇒ B. Las coordenadas que debe seguir son (_ , _).
- B ⇒ C. Las coordenadas que debe seguir son (_ , _).
- C ⇒ D. Las coordenadas que debe seguir son (_ , _).
- D ⇒ E. Las coordenadas que debe seguir son (_ , _).



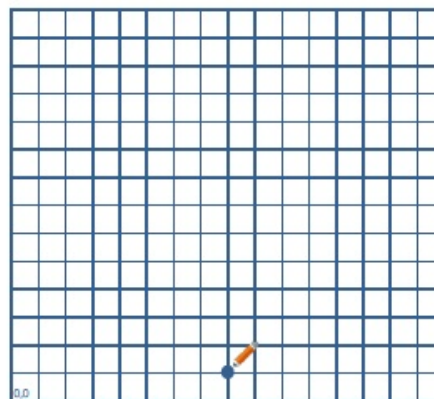
Pregunta 6

Une los distintos puntos señalados por coordenadas para formar la imagen oculta.

2 puntos

(PREG036)

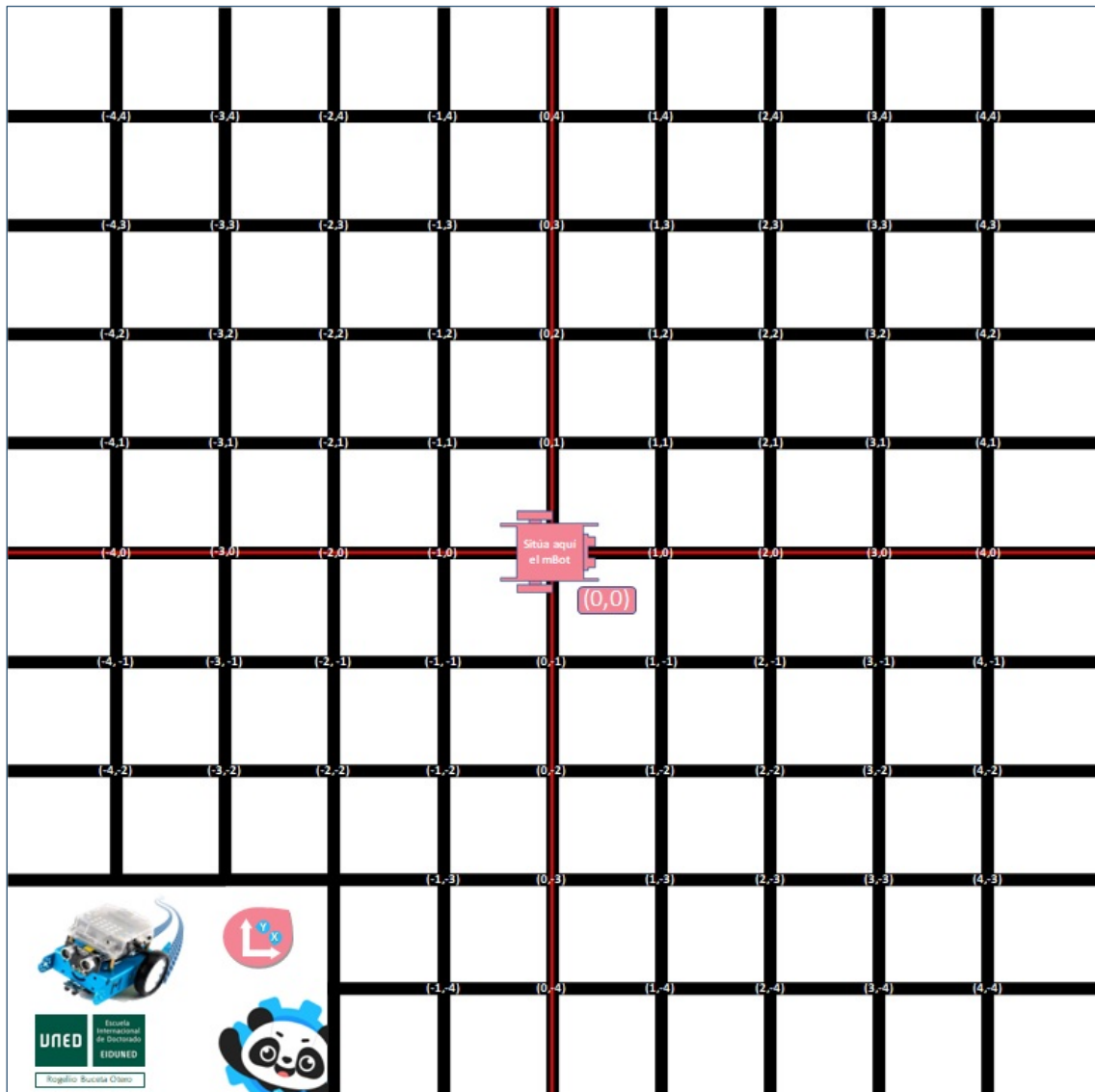
- (8,1) (1,8) (1,1) (3,13) (6,13) (8,11) (10,13) (13,13) (15,11) (15,8) (8,1)



ANEXO VIII: Vale por un desayuno



ANEXO IX: Tablero de juego



ANEXO X: Programa mBot

