



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Programación gráfica y robótica para fomentar la competencia matemática

Trabajo fin de grado presentado por:

Titulación:

Modalidad de propuesta:

Director/a:

Judith Pertejo López

Grado de Maestro en Primaria

Proyecto Educativo

Elías Manuel Said Hund

Madrid

23/06/2017

Firmado por: Judith Pertejo López

CATEGORÍA TESAURUO: Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación

RESUMEN

Este trabajo de fin de grado pretende fundamentar el uso de la programación gráfica y la robótica en la Educación Primaria, y en especial en el área de matemáticas.

Tras un análisis de las herramientas más extendidas para la enseñanza de programación y robótica en Primaria y su potencial en el aula, se elabora una propuesta de trabajo con dos de ellas: Scratch y Lego Wedo. Las actividades diseñadas están orientadas a desarrollar los diversos aspectos de la competencia matemática: a) alfabetización matemática (comprender el valor de los números, saber cuándo aplicar una operación), b) las habilidades numéricas y operacionales (cálculo mental), y c) estrategias para la resolución de problemas (comprensión, asociaciones, razonamientos).

La propuesta muestra cómo la aplicación de estas tecnologías en el aula bajo un prisma de aprendizaje cooperativo, genera unas clases más dinámicas, creativas, y más eficientes en el aprendizaje de la competencia matemática.

Key words: programación gráfica, robótica, Primaria, competencia matemática, Scratch.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	5
2	OBJETIVOS.....	6
2.1	Objetivo general	6
2.2	Objetivos específicos	6
3	MARCO TEÓRICO	7
3.1	La Competencia matemática	7
3.2	Potencial de la Programación gráfica y la robótica	8
3.2.1	La resolución de problemas en el área de matemáticas	8
3.2.2	La motivación y el pensamiento creativo con PGyR.....	9
3.2.3	Desarrollo de habilidades socio-emocionales.....	9
3.2.4	Contexto multidisciplinar y transversal.....	9
3.3	Iniciativas internacionales y nacionales.....	10
3.4	Software y hardware de programación gráfica y robótica para primaria	11
3.4.1	Herramientas de programación gráfica	11
3.4.2	Kits de Robótica	13
3.5	Scratch y Lego wedo	14
3.5.1	Programación gráfica con Scratch	14
3.5.2	Lego Wedo programado con Scratch	15
3.5.3	Usos de Scratch y Lego Wedo en el aula	16
4	PROPUUESTA EDUCATIVA DE CARÁCTER DIDÁCTICO.....	18
4.1	Contexto de aplicación	19
4.1.1	Características del entorno y del centro	19
4.1.2	Características del alumnado.....	19
4.2	Objetivos didácticos	20
4.3	Principios metodológicos	20
4.4	Actividades de competencia matemática	21
4.4.1	Competencias clave.....	22
4.4.2	Recursos materiales y económicos	23
4.4.3	Contenidos de las actividades	23
4.5	Temporalización – Progresión en 3 fases	31
4.6	Evaluación de resultados.....	32
4.6.1	Criterios de evaluación.....	32
4.6.2	Tipos y mecanismos de evaluación	33
5	CONCLUSIONES	35
6	CONSIDERACIONES FINALES	36

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS.....	41
Anexo A. Test de conocimientos previos de programación y construcción de robots	41
Anexo B. Autoevaluación del alumno	42
B1. Autoevaluación de contenidos y habilidades (Obj. Didácticos 1 y 2)	42
B2. Autoevaluación de estrategias para la resolución de problemas y actitudes (Obj. Didácticos 3 y 4)	43
B3. Autoevaluación de trabajo en equipo (Obj. Didáctico 5)	43
Anexo C. Rúbrica de evaluación.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Interfaz del entorno de programación gráfica LOGO (Fuente: recursostic.educacion.es) .	12
Figura 2 Interfaces en Alice. (Izqda.) Juego para trabajar la estimación de medida de longitud. (Derecha) Juego interactivo para trabajar el redondeo de un número dado. Fuente: (Rodger, 2010)	12
Figura 3 Interfaz de entorno de programación de Code Studio (Fuente: studio.code.org/)	13
Figura 4 Juegos matemáticos programando un Bee-bot y un Pro-bot (Fuentes: bee-bot.us y bee-bot.us/probot.html)	13
Figura 5 Ozobot (Fuente: Ozobot.es)	13
Figura 6 Piezas de instrucciones de programación Scratch (Fuente: elaboración propia)	14
Figura 7 Captura de juego de cálculo matemático en Scratch (scratch.mit.edu/projects/1601355)	15
Figura 8 Lego Wedo (Fuente: education.lego.com)	15
Figura 9 Interacción entre kit Lego Wedo y Scratch (Fuente: elaboración propia)	16
Figura 10 Captura Gem Game (scratch.mit.edu/projects/1292162)	16
Figura 11 Ejemplo problema de coordenadas en Scratch (Fuente: elaboración propia)	17
Figura 12 Captura Car race (scratch.mit.edu/projects/14124328)	17
Figura 13 Captura Gem-game (scratch.mit.edu/projects/1292162)	23
Figura 14 Capturas de Gem-game (scratch.mit.edu/projects/1292162)	24
Figura 15 Instrucción del objeto personaje	24
Figura 16 Instrucción del objeto gema	25
Figura 17 Captura de “A la caza de números” (elaboración propia scratch.mit.edu/projects/156781566/)	25
Figura 18 Captura de “Hexágono” y de “Simetría” (elaboración propia: scratch.mit.edu/projects/156701896 y scratch.mit.edu/projects/156786437)	27

Figura 19 Captura de “TicTac” (scratch.mit.edu/projects/24480089).....	27
Figura 20 Programación del segundero (reto 1)	27
Figura 21 Programación del segundero al completar el reto 3	28
Figura 22 Construcción de helicóptero con kit Lego Wedo.....	28
Figura 23 Captura de “Helicóptero”	29
Figura 24 Construcción de ascensor con kit Lego Wedo	29
Figura 25 Captura de Simulación Ascensor (elaboración propia scratch.mit.edu/projects/157099598/)	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de actividades	22
--------------------------------------	----

1 INTRODUCCIÓN

La tendencia de las legislaciones educativas a nivel nacional e internacional tratan de consolidar un currículum por competencias, en el que se perfilan los contenidos como elementos de las competencias y no como el fin en sí mismo del proceso enseñanza/aprendizaje. El aprendizaje puramente memorístico ya debería formar parte de modelos formativos obsoletos caracterizados por un alumnado pasivo y un maestro como mero transmisor de información. En España, la legislación vigente de educación - la Ley Orgánica de la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE, 2013) - remarca la importancia de las competencias a las que califica de “claves”. Se pretende que el alumno posea la capacidad de activar e integrar todos los conocimientos y experiencias para lograr enfrentarse con éxito a problemas complejos. Pruebas de evaluación educativa internacionales tales como PISA incorporan, desde hace unos años, herramientas que permiten evaluar ciertas competencias evaluando si los alumnos pueden extrapolar lo que han aprendido a nuevas y diferentes situaciones.

Robinson (2009) ya predijo que “*los niños de ahora harán trabajos que aún no están inventados*”. Necesitamos dotar a nuestros alumnos de herramientas que les permitan adaptarse a esta realidad que cambia rápidamente, donde sepan resolver creativamente los problemas inesperados que aparecen continuamente. Aquí radica la importancia de la educación en competencias.

El mercado laboral se está transformando y, en especial, la renovación e incorporación de nuevas competencias tecnológicas serán algo obligatorio para adaptarse al entorno laboral digital. La Comisión Europea calcula que “en el año 2020 existirán alrededor de 900.000 puestos vacantes en el ámbito de las TIC en Europa que necesitarán ser cubiertos” (Kroes, 2014). Así lo aseguraban representantes de la Agenda Digital Europea¹ y de la Comisión de Educación en una carta conjunta dirigida en julio de 2014 a los Ministros de Educación de todos los Estados miembro, a quienes hacía un llamamiento para asegurar que los alumnos tengan la oportunidad de desarrollar habilidades computacionales básicas en las escuelas. Países como Estados Unidos, Reino Unido, Francia y muchos otros del continente asiático ya han incluido la programación en sus planes de enseñanza en la etapa de Educación primaria (ver sección 4.3).

Más allá de fomentar las matemáticas, las ciencias, la tecnología y la ingeniería en los profesionales del futuro, la programación y la robótica son recursos que ayudan a desarrollar habilidades transversales como la resolución de problemas, el trabajo en equipo, el pensamiento analítico y la creatividad.

¹ Agenda Digital Europea de la Comisión Europea creada en 2010. Ver página web para más información: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/europe-2020-strategy>

En este aprendizaje constructivista los alumnos comprueban que, lo que han programado, se convierte en una realidad mediante la construcción de un robot o de un videojuego, es decir, permite un aprendizaje significativo de lo concreto hacia lo abstracto, lo que motiva en gran medida al alumno. Las matemáticas, base que fundamenta este nuevo paradigma tecnológico, es una de las áreas que más se podrían beneficiar de esta educación tecnológica. Sin embargo, sigue lastrada por un fracaso escolar persistente, hecho investigado y contrastado desde hace ya más de una década (Kovalevskatya, 2005), y acentuado más si cabe en España donde los últimos informes PISA revelan que el rendimiento de los alumnos españoles está por debajo de la media considerando los países de la OCDE y de la Unión Europea (Carpio, 2013).

Ahora más que nunca los educadores necesitamos trabajar la materia de una forma novedosa, adaptada a los cambios y las motivaciones de los alumnos y con un enfoque metodológico más acorde con las necesidades educativas. Ya no se puede continuar enseñando a los niños de forma académica aquello que es el resultado de siglos de evolución matemática, sino que debe tener sentido para ellos. Acercar la programación gráfica y la robótica de forma sencilla y práctica al aula de matemáticas se perfila como una estrategia acertada que gana adeptos en países de nuestro entorno.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta de trabajo en el aula para el desarrollo de la competencia matemática orientada al uso de la programación gráfica y la robótica en estudiantes de último ciclo de Primaria.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Analizar los contenidos, procedimientos y actitudes involucrados en la competencia matemática.
- 2) Contribuir a mejorar la capacidad crítica de las escuelas sobre el uso de la programación gráfica y la robótica en las aulas.
- 3) Conocer las iniciativas nacionales y europeas en relación a la incorporación de la programación al currículum escolar de primaria.
- 4) Fomentar el uso de las herramientas TIC más extendidas para la enseñanza de programación en Primaria.
- 5) Identificar las herramientas de programación gráfica y robótica más interesantes y diseñar un conjunto de actividades para su aplicación en el aula.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 LA COMPETENCIA MATEMÁTICA

En Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria, acorde a lo establecido en la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE) se presenta a las matemáticas como una asignatura instrumental necesaria para construir e interpretar la información en múltiples áreas de conocimiento y destaca su papel para promover actitudes de la resolución activa de problemas y el pensamiento racional. En concreto especifica que los objetivos generales del área de matemáticas van encaminados a “desarrollar las competencias matemáticas básicas e iniciarse en la resolución de problemas que requieran la realización de operaciones elementales de cálculo, conocimientos geométricos y estimaciones, así como ser capaces de aplicarlos a las situaciones de su vida cotidiana” (LOMCE, 2013:19354).

La LOMCE añadió un Bloque de contenidos - ***Procesos, métodos y actitudes en matemáticas*** - a los cuatro bloques ya existentes que proponía la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE): *Números y Operaciones, Magnitudes y Medida, Geometría, Estadística y probabilidad*. El Bloque *Procesos, métodos y actitudes en matemáticas* es trasversal a todos los demás y engloba contenidos relacionados con el proceso de resolución de los problemas: comprensión del problema; elaboración de hipótesis explicativas; dominio de estrategias y procedimientos como realizar dibujos o esquemas, razonar pruebas de ensayo-error; decidir la mejor manera de resolverlo, reflexionar sobre la validez del resultado obtenido.

Según Guirles (2008) la competencia matemática es la habilidad para “llevar a cabo la tarea con éxito (comprender, analizar, relacionar, decidir...) utilizando, relacionando e integrando diferentes saberes matemáticos (ej. numéricos, geométricos, de medidas, operacionales) para aplicarlos a contextos de interés o de la vida cotidiana”.

Para ello el alumno ha de adquirir la *alfabetización matemática*, relacionada con comprender el valor de los números, saber cuándo aplicar una operación y la mejor manera de resolverla, así como comprender los procesos y los lenguajes matemáticos. Se han de trabajar habilidades *numéricas y operacionales* especialmente enfocadas al cálculo mental, y los procesos, métodos y actitudes para la *resolución de problemas*, siendo esta una parte fundamental del aprendizaje matemático.

En efecto la resolución de problemas es un aspecto cada vez más relevante en las evaluaciones. Desde 2012 la elaboración del informe PISA 2012 incorpora la Resolución de Problemas por ordenador. No intenta evaluar si los alumnos pueden reproducir un conocimiento, sino si pueden extraerlo lo que han aprendido a situaciones distintas y nuevas.

Considerando el enfoque competencial propuesto en la legislación vigente el docente debe emplear actividades de aprendizaje y evaluación que prioricen la comprensión, el cálculo mental y el razonamiento frente a la memorización y el operar por operar. Al trabajar, por ejemplo, el bloque de Números y Operaciones, deberá priorizar el tiempo de aula para la comprensión y el dominio funcional de los números (alfabetización numérica y operacional) en detrimento de la práctica operacional descontextualizada; dejar espacio para pensar y razonar antes del uso de fórmulas y operaciones mecánicas; espacio para el desarrollo de estrategias de cálculo mental, de estimación, de aproximación; trabajar las habilidades para el cálculo con diferentes procedimientos, como la recta numérica, la calculadora, la manipulación de porciones en fracciones, etc.; fomentar la autonomía, la toma de decisiones razonadas y promover la conexión directa entre las operaciones de cálculo y la resolución de problemas.

3.2 POTENCIAL DE LA PROGRAMACIÓN GRÁFICA Y LA ROBÓTICA

La programación gráfica y la robótica (PGyR) no sólo puede ayudar al docente a fomentar el pensamiento lógico-analítico clave en la resolución de problemas, sino que presenta multitud de beneficios al utilizarlo como recurso educativo: permite un aprendizaje constructivista, cooperativo y por proyectos; fomenta el pensamiento creativo en la resolución de problemas; fomenta un aprendizaje transversal en un contexto multidisciplinar y de desarrollo de numerosas competencias clave, etc.

Todas estas dimensiones, explicadas en detalle a continuación, han de ser tenidas en cuenta para la elaboración de una propuesta curricular que contenga este tipo de recurso educativo, y con un enfoque especial para el área de matemáticas como es el presente caso.

3.2.1 La resolución de problemas en el área de matemáticas

La resolución de problemas es una parte fundamental de la competencia matemática. En las últimas décadas, por su eficacia, se han utilizado ampliamente los problemas teóricos cercanos a la realidad del alumno (Sepúlveda, 2009).

Sin embargo, el mundo digital nos brinda otras vías para trabajar esta capacidad. La programación está basada en la secuenciación lógica de instrucciones que determinará el comportamiento del sistema, por ejemplo, un elemento de un videojuego, un robot. Los alumnos establecen las acciones que ha de realizar el personaje del videojuego o el robot, deben dilucidar cuales son las instrucciones a utilizar, en qué secuencia colocarlas, afinar los resultados obtenidos. Es decir, están sometidos a una cascada de retos que van surgiendo a medida que avanzan y se marcan el siguiente objetivo. En la construcción física del robot sucede una casuística similar. Los retos aparecen al tratar de diseñar nuevos mecanismos, al subsanar fallos, al mejorar el funcionamiento de la construcción, etc. Según Atmatzidou (2008) la PGyR promueve la adopción de actitudes positivas ante los retos, donde los errores no son tratados como un fracaso sino un reto a superar.

3.2.2 La motivación y el pensamiento creativo con PGyR

Para todo aprendizaje y especialmente, en el área de matemáticas, los alumnos deben estar motivados y con una actitud favorable con el fin de que realicen aprendizajes tan significativos como sea posible (Marín, 2005). Para lograrlo, según las metodologías cognitivas y constructivistas, el alumno ha de sentirse protagonista activo de la acción y ha de verse en situaciones que mejoren su conciencia de éxito, que sienta el reconocimiento de sus resultados. Un buen docente puede servirse de la PGyR para plantear a sus alumnos retos de dificultad progresiva que apliquen los conceptos matemáticos explicados en clase. Pueden jugar o crear un juego interactivo, un videojuego matemático o una construcción que gire los grados o avance la longitud que programe el alumno, no hay límite, pero logrará su enganche y el aprendizaje sin darse cuenta.

Resnick (2008), creador de una de las herramientas de programación gráfica más aceptadas internacionalmente – Scratch -, asegura que “las nuevas tecnologías ayudan enormemente a los estudiantes a navegar la espiral del pensamiento creativo”, y que este tipo de pensamiento es imprescindible en esta Sociedad de la Creatividad que ya nos envuelve.

La robótica añade otra fuente de motivación derivada de la curiosidad y la manipulación de Harlow y Butler (Carrasco, 2004), que asegura que las personas actúan por una necesidad de curiosidad y exploración visual y táctil.

3.2.3 Desarrollo de habilidades socio-emocionales

Un proyecto de aula fundamentado en recursos PGyR implica generalmente un trabajo en equipo – aprendizaje cooperativo - donde sus miembros colaboran, cooperan y co-enseñan. Les permite crear un espacio cercano, donde vencer la timidez, cometer errores, y corregirlos. Según López (2013) la PGyR permite poner en práctica estrategias de aprendizaje que fomentarán el espíritu colaborativo y lúdico de los alumnos. Esta cooperación puede darse entre miembros del mismo equipo, entre miembros de distintos grupos del aula o dentro de las comunidades online donde se comparten trabajos realizados, consejos, ideas, etc.

Douglas (1995) ya aseguraba hace más de dos décadas que este aprendizaje cooperativo en el uso de la tecnología en la etapa de primaria tiene un impacto positivo en la respuesta emocional de niños con dificultades de aprendizaje y desarrolla las habilidades socio-emocionales.

3.2.4 Contexto multidisciplinar y transversal

La Programación gráfica se está utilizando para abordar diferentes disciplinas tan diversas como ciencias, tecnología, arte, matemáticas, música o danza, especialmente en los últimos cursos de primaria (Rodger, 2010). Se utiliza como herramienta de resolución de problemas y facilitadora del pensamiento algorítmico, para presentar historias y relatos, realizar animaciones, diseños musicales gráficos, juegos, etc. Los kits de robótica, a su vez, más orientados a trabajar contenidos científicos

tales como mecánica, física o matemáticas, pueden ayudar enormemente en el área de ciencias sociales según el currículo estipulado en la LOMCE ya que permite a los alumnos experimentar y comprobar el funcionamiento las máquinas simples (poleas, palancas, ruedas y ejes, engranajes...) y aplicar los conocimientos mediante la construcción.

La aplicación correcta de la PGyR en el aula de matemáticas fomenta el desarrollo de varias de las competencias clave definidas en la LOMCE. La competencia lingüística, fundamental para comunicarse y adquirir los nuevos contenidos, es una pieza fundamental para, por ejemplo, enfrentarse a problemas orales, gráficos o escritos, para adquirir y representar el lenguaje matemático basado en símbolos o para verbalizar la comprensión de un problema, exponer hipótesis o razonar un resultado.

La PGyR genera contextos que promueven la competencia de aprender a aprender. Facilita el autodescubrimiento con herramientas cada vez más intuitivas. La aproximación por ensayo-error en la solución de los problemas desdramatiza el error que aparece como un elemento más del proceso creativo. Se logra un aprendizaje cada vez más autónomo.

Desarrolla la competencia digital, puesto que fomenta el uso creativo, crítico y seguro de las TIC, y, por último, promueve la competencia social y cívica al realizar un aprendizaje colaborativo y profundizar en valores de empatía, tolerancia y generosidad para ayudar a los compañeros.

3.3 INICIATIVAS INTERNACIONALES Y NACIONALES

En los últimos años son numerosas las iniciativas emprendidas para fomentar la enseñanza de la programación a todos los niveles, especialmente en la etapa de educación primaria. Desarrollar las destrezas básicas de programación será imprescindible para considerarse un “*ciudadano digital informado y con recursos propios*”. Así lo aseguraba la vice-presidenta de la Comisión Europea de la Agenda Digital, Neelie Kroes, en una carta enviada a los Ministros de Educación de todos los Estados miembro instándoles a promover este tipo de competencias de forma urgente (Kroes, 2014). En el marco de esta Agenda Digital destaca el proyecto de la Iniciativa Europea de Programación² creada para promover la enseñanza de la programación a alumnos de todas las edades, así como a profesores y a adultos interesados.

Este es un reto estratégico que se está llevando a cabo en países de todo el mundo. Prestigiosas escuelas de Estados Unidos han introducido la enseñanza de la programación en sus aulas (Larson, 2013). Reino Unido se halla a la cabeza en cuanto a Europa, tanto desde la Administración como desde iniciativas privadas. El Currículo Nacional (English Department of Education, 2013) considera la competencia computacional como elemento a desarrollar para “mejorar el pensamiento

² Para obtener más información consultar <http://www.allyouneediscode.eu/>

computacional, que tiene que ver con el desarrollo de la lógica y la resolución de problemas". El proyecto *CodeClub*³, de iniciativa privada, surge en 2012 para ofrecer cursos y recursos para iniciarse en la programación con la herramienta Scratch y otros más avanzados con otros lenguajes (HTML, CSS), además de crear una comunidad de profesores voluntarios en todo el mundo. *CoderDojo*⁴ es una iniciativa similar que nace en Irlanda en 2011 que cuenta con grandes empresas como patrocinadores como Microsoft desde 2015. Además de lenguajes de programación, ofrece recursos sobre robótica educativa (ej. Arduino, Raspberry Pi).

A nivel nacional, el Real Decreto 126/2014 que establece el currículo básico de educación primaria en España no hace referencia al aprendizaje de programación ni robótica. Sin embargo, Madrid y Navarra sí contemplan el aprendizaje de programación en esta etapa en sus respectivos decretos autonómicos. En la asignatura de libre configuración autonómica de Tecnología y recursos digitales para la mejora del aprendizaje de Madrid se contempla la enseñanza de fundamentos de programación y creación de programas en Scratch. El Departamento de Educación de la Comunidad de Navarra creó en 2015 la plataforma *Código 21*⁵ para impulsar el aprendizaje de programación, robótica educativa y otras tecnologías emergentes, que ofrece recursos educativos, buenas prácticas, o un mapeo de los centros en los que ya hay proyectos en marcha o docentes formándose.

3.4 SOFTWARE Y HARDWARE DE PROGRAMACIÓN GRÁFICA Y ROBÓTICA PARA PRIMARIA

3.4.1 Herramientas de programación gráfica

Las herramientas de programación gráfica surgen para hacer accesible la programación a una audiencia mucho más amplia y desde las primeras etapas. Permite crear un programa encajando bloques gráficos entre sí, como si fuesen las piezas de un puzzle o piezas de lego. De forma visual y atractiva, el usuario utiliza la técnica de "arrastrar y soltar" bloques para conformar el puzzle, que programa un elemento o el modo de interacción con otro elemento. Este elemento puede ser un "sprite", un objeto gráfico con capacidad para ser animado. Un programa estará formado por diversos puzzles que determinan las acciones o comportamientos de todos los elementos involucrados ya sea en el videojuego, en la animación o en el robot por medio de sus sensores y actuadores.

Gracias a la programación gráfica el usuario se evita trabajar con una puntuación y sintaxis más compleja y menos atractiva propia de los lenguajes de programación tradicionales. Permitir mover un "sprite" por la pantalla del ordenador con lenguajes de alto nivel requeriría un alto nivel de abstracción que no presentan los alumnos de Primaria.

³ Para obtener más información consultar <https://www.codeclubworld.org/>

⁴ Para obtener más información consultar <https://coderdojo.com/>

⁵ Para obtener más información consultar <http://codigo21.educacion.navarra.es/>

La mayor parte de las herramientas de programación gráfica actuales empleados con fines didácticos están basadas en el lenguaje LOGO desarrollado a finales de los 60 en el Laboratorio de Inteligencia Artificial del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en EEUU creado por el matemático y experto en inteligencia artificial Papert, quien previamente había trabajado junto a Piaget, psicólogo y padre del enfoque constructivista del desarrollo cognitivo.

LOGO cuenta con un visor gráfico en el que se podía ver una tortuga que responde a las instrucciones programadas cuyas sentencias, traducidas a varios idiomas, son muy semejantes al lenguaje humano. El MIT ha continuado creando nuevas versiones de este lenguaje como son StarLogo TNG (2008) o StarLogo Nova (2014) utilizados para aprender a programar juegos, crear modelos 3D y animaciones.

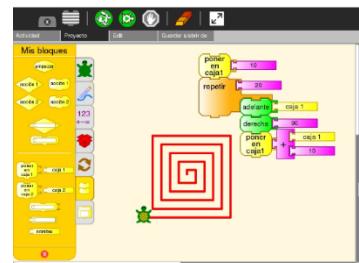


Figura 1 Interfaz del entorno de programación gráfica LOGO (Fuente: recursostic.educacion.es)

ALICE (2008) es otra herramienta que permite el control de objetos y personajes 3D en un mundo virtual. ALICE ha sido utilizado para elaborar contenidos curriculares por parte de alumnos de 12 años con resultados muy positivos (Rodger, 2010) ayudando a que alumnos con pocas habilidades matemáticas hayan superado la materia con mayor facilidad. Este estudio recoge algunos ejemplos de juegos interactivos elaborados por los docentes en el ámbito de las matemáticas.

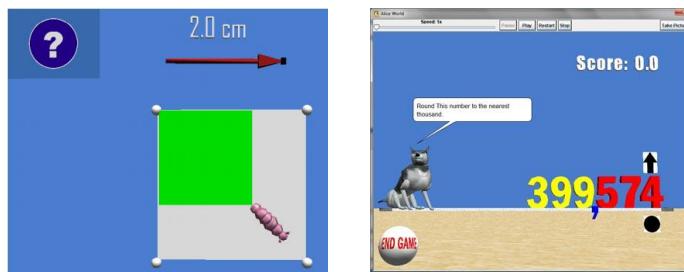


Figura 2 Interfaces en Alice. (Izqda.) Juego para trabajar la estimación de medida de longitud. (Derecha) Juego interactivo para trabajar el redondeo de un número dado. Fuente: (Rodger, 2010)

La organización sin ánimo de lucro *Code.org* fue fundada en Estados Unidos en el 2012 para acercar las ciencias de la computación a niños y jóvenes y e introducirlas dentro del currículo. Grandes empresas del sector como Google, Microsoft, Facebook o Twitter apoyan esta organización. Ofrece multitud de recursos en línea de alta calidad (*Code Studio*⁶) diferenciados por edades y materias curriculares con las que se relacionan los contenidos. En ellos se anima a los estudiantes a resolver diferentes puzzles basados en juegos conocidos como *Angry Birds* y *Plants vs Zombies*. Cada reto propuesto acota las posibilidades de las piezas disponibles para introducirlas de forma progresiva a medida que se avanza en la complejidad lo que le hace ideal para la primera toma de contacto de los alumnos con la programación.

⁶ Para obtener más información consultar <https://studio.code.org/>

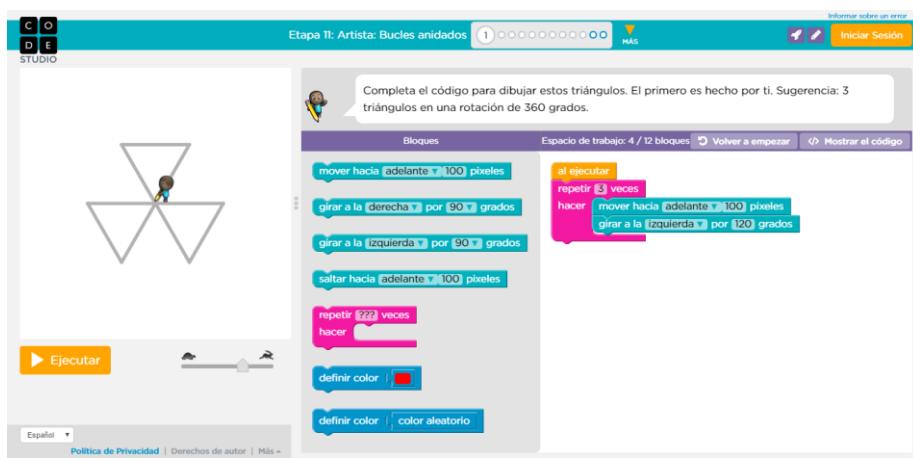


Figura 3 Interfaz de entorno de programación de Code Studio (Fuente: studio.code.org/)

3.4.2 Kits de Robótica

En la última década investigadores e industrias han desarrollado cierto número de kits para construir robots. A continuación, se exponen los más significativos y asequibles empleados en la etapa de primaria.

Bee-bot y Pro-bot permiten trabajar la secuenciación, la estimación y la resolución de problemas entre los más pequeños. Mediante las flechas de programación el alumno introduce la secuencia que ha de realizar el Bee-bot para que le lleve al lugar deseado. El Pro-bot, se comporta como el Bee-Bot, pero añade las teclas numéricas para definir distancias a recorrer o los grados a girar.

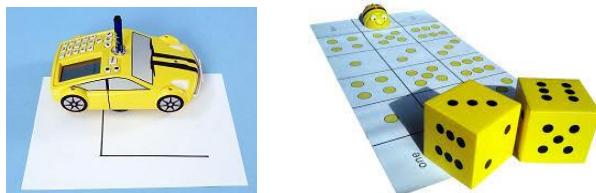


Figura 4 Juegos matemáticos programando un Bee-bot y un Pro-bot (Fuentes: bee-bot.us y bee-bot.us/probot.html)

Pro-bot permite además programarse desde un software instalado en el PC. Una vez realizado el programa, éste se transfiere al robot que pasa a ejecutar las órdenes de movimiento. Al incluir sensores de luz, sonido y contacto, y emitir diferentes sonidos o encender y apagar los faros delanteros, y ser todo programable, permite una gran variedad de aplicaciones en el aula en primer y segundo ciclo.

Ozobot es un pequeño robot que puede funcionar de dos formas: como “sigue líneas” o programado desde la aplicación *Ozoblocky*. En modo “sigue líneas” además interpreta órdenes según un código de colores. A medida que el ozobot avanza por la línea puede variar su velocidad, dirección, movimiento o temporización de los mismos en función de la secuencia de colores que va leyendo con el sensor óptico de su base. Los alumnos de los primeros cursos pueden realizar trazos de diferentes colores en una hoja o dibujando el circuito en una pantalla digital y ver el comportamiento del Ozobot. Por otro lado, *Ozoblocky* es el entorno de programación que permite programar los movimientos del Ozobot y la emisión de luz de diferentes colores.



Figura 5 Ozobot (Fuente: Ozobot.es)

3.5 SCRATCH Y LEGO WEDO

3.5.1 Programación gráfica con Scratch

Scratch⁷ es el entorno de programación gráfica referente por excelencia que fue creado en 2003 por Mitch Resnick en el MIT. Su diseño fue concebido de forma que reducía la curva de aprendizaje accesible para cualquier persona sin conocimientos de la plataforma (Resnick, 2009). Pese a su simplicidad – apuesta por entorno de dos dimensiones – es apto para ser usado para fines muy diversos (animaciones, presentaciones, videojuegos, programar robots).

Scratch presenta una interfaz intuitiva que, con menor complejidad que otras herramientas, ofrece la misma funcionalidad. La facilidad de su utilización reduce el tiempo de introducción al entorno y al lenguaje. Este se compone de piezas que tienen formas diferentes en función del tipo de instrucción que representa: una variable, una acción, una función lógica, un bucle, etc. Todos estos conceptos se suelen ir introduciendo a medida que se van necesitando, se presentan como herramientas para alcanzar un fin.

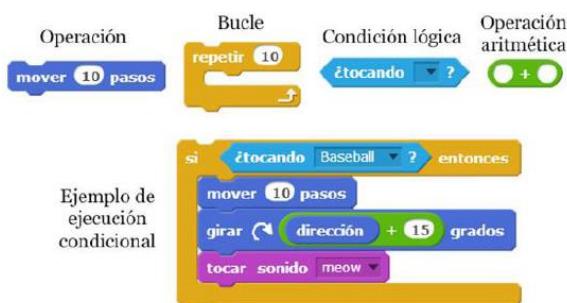


Figura 6 Piezas de instrucciones de programación Scratch (Fuente: elaboración propia)

El proyecto Scratch se concibió además para promover el trabajo cooperativo. La web del proyecto pone en contacto a millones de usuarios de todo el mundo que comparten sus creaciones y crean a partir del trabajo de otros miembros. Además, gracias a la nueva versión **Scratch 2.0** todo ello se puede hacer online. En el aula, todo alumno podrá estudiar y ampliar los proyectos de otros compañeros, conversar sobre la resolución de los problemas encontrados y enriquecerse mutuamente.

Existe además una comunidad de docentes en **ScratchEd** que comparten y acceden a recursos didácticos organizados por tipos de contenido, áreas y niveles.

En el siguiente ejemplo se ha programado una calculadora en **Scratch** en la que existe una doble función pedagógica. El proyecto sirve para entrenar el cálculo mental del alumno, quien acumulará puntos por sus aciertos y rapidez. Por otro lado, al enfrentarse a la creación de un juego de estas

⁷ Para más información ver <https://scratch.mit.edu/>

características el alumno ha aprendido a diseñar, planificar, ejecutar y depurar el código enfrentándose en este proceso a múltiples retos.

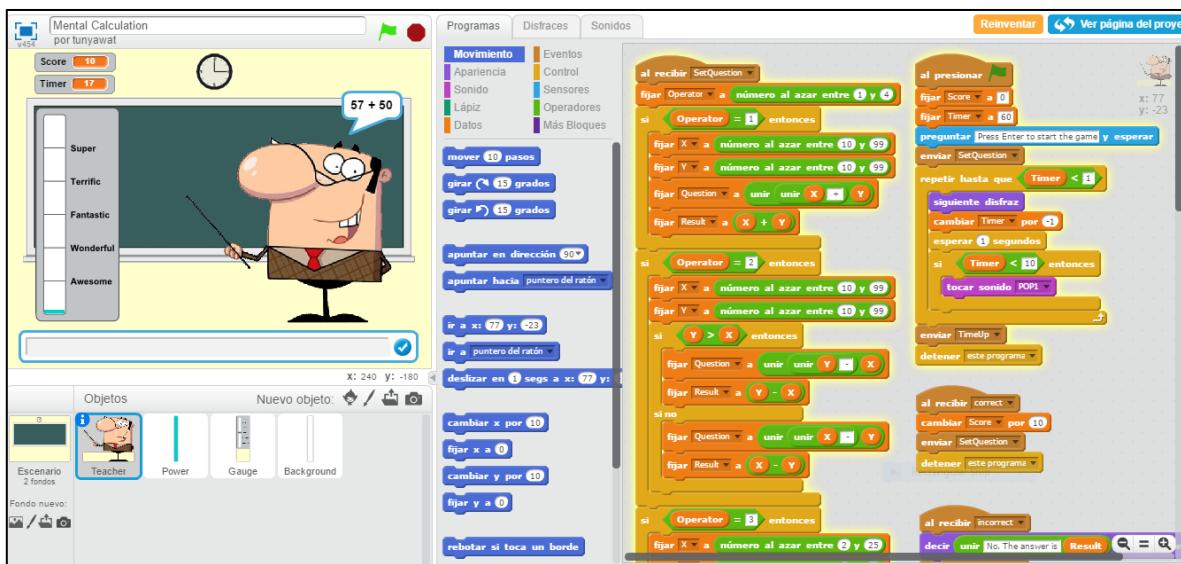


Figura 7 Captura de juego de cálculo matemático en Scratch (scratch.mit.edu/projects/1601355)

3.5.2 Lego Wedo programado con Scratch

Lego Wedo⁸ es un kit de robótica que la compañía Lego ha creado para niños desde 7-8 años. Al contrario que la mayoría de kits de robótica destinados para esta etapa, Lego Wedo es de los pocos que incluyen motores, sensores, ruedas, engranajes, poleas y tornillos sin fin, que fomentan la flexibilidad y la creatividad a la hora de crear robots. Los dispositivos electrónicos del kit permiten conectar los diversos modelos de robot al ordenador para programar sus comportamientos. Estos dispositivos consisten en un sensor de inclinación que detecta 5 posiciones diferentes, un sensor de distancia que emite un rango de valores entre 0 y 100 según la proximidad del objeto, y finalmente un servomotor con doble posibilidad de giro y a distinta velocidad según se le programe.



Figura 8 Lego Wedo (Fuente: education.lego.com)

El kit se conecta al pc a través de un *hub*. Scratch detecta el kit de forma automática y se comporta como el cerebro del robot. A Scratch le llega información del robot -desde los sensores de distancia e inclinación-, que procesa para luego determinar qué órdenes enviar al motor.

⁸ Para más información ver <https://education.lego.com/en-us/products/lego-education-wedo-construction-set/9580>



Figura 9 Interacción entre kit Lego Wedo y Scratch (Fuente: elaboración propia)

3.5.3 Usos de Scratch y Lego Wedo en el aula

A. Scratch para elaborar contenido de aprendizaje

Scratch puede ser utilizado para generar contenidos didácticos en forma de juegos interactivos, animaciones, concursos de preguntas y respuestas, presentaciones multimedia, etc., a diferencia de otras herramientas TIC más limitadas en este ámbito (*JClic, Hotpotatoes, Webquests*).

Dentro de la comunidad Scratch existen ejemplos de multitud de juegos interactivos en el área de matemáticas, como es el caso de la calculadora presentada previamente. Algunos casos de estudio demuestran el impacto positivo que tienen en el rendimiento académico de los alumnos. Giannakos (2012) demostró como utilizando un simple juego elaborado en Scratch podría consolidar el aprendizaje de los números enteros negativos hasta en los estudiantes que presentaban mayores dificultades. El juego “Gem Game” diseñado para el caso de estudio pide al usuario que vaya introduciendo números enteros para conseguir que el personaje se desplace en la recta numérica y así consiga recoger unas gemas para superar la pantalla.

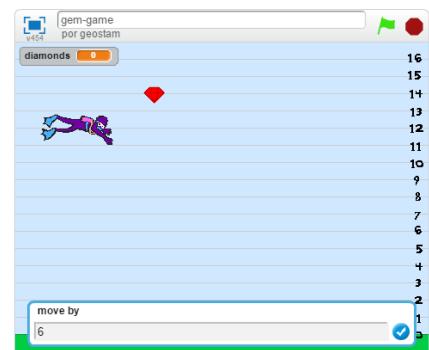


Figura 10 Captura Gem Game
(scratch.mit.edu/projects/1292162)

Además del cálculo mental o los números enteros, se podrían crear proyectos para trabajar otros contenidos del área de matemáticas como las estimaciones de medidas, los números decimales, las fracciones, los porcentajes, los ángulos, los grados o la geometría. El límite solo está en la creatividad de alumnos y profesores que utilicen la herramienta.

Otra metodología exitosa es trabajar en los ciclos superiores para elaborar contenidos específicos para los primeros cursos de primaria e infantil, lo que fomenta hábitos de colaboración y ayuda entre iguales.

B. Scratch y lego wedo para resolver problemas concretos

Scratch puede ser utilizado para plantear al alumno pequeños retos que estimulen la capacidad de resolución de problemas del alumno. Se puede enfrentar a la creación de un juego o a la modificación una secuencia de código interno para que el objeto del escenario de Scratch o el robot del Lego actúen como se espera. Por ejemplo, partiendo del sistema de coordenadas de Scratch el alumno deberá conseguir que el gato se desplace y describa una figura geométrica, un cuadrado o rectángulo si trabajamos con alumnos de 3º de primaria o un círculo si son de 6º.

La combinación Scratch conectado con Lego Wedo abre un mundo de posibilidades. El kit de robótica puede ser utilizado de dos formas: construir un dispositivo robot que interactúe con el entorno en función del programa realizado en Scratch, o por el contrario, utilizarlo como entrada de comandos o “mando” para los juegos interactivos creados en el escenario de Scratch. En este último caso los sensores del kit de Lego Wedo determinarán, por ejemplo, la dirección que toma el coche en una carrera con obstáculos usando dos posiciones del sensor de inclinación para girar a izquierda o derecha. También se puede usar el sensor de distancia para determinar la velocidad que tomará el vehículo en el videojuego. Los alumnos pueden experimentar aplicando variaciones a dichos parámetros de entrada (dividiéndolos entre dos, multiplicándolos 10) y ver las consecuencias en su juego, podrán añadir medidor de combustible consumido en función del tiempo de juego, velocidad, distancia recorrida, etc.

Estas herramientas de PGyR permiten experimentar con conceptos matemáticos que se están utilizando en el aula dotándoles de significado. El alumno visualiza de forma inmediata el resultado de sus decisiones y aprende a asociar las resoluciones incorrectas con nuevas oportunidades de experimentación. Continúa realizando un nuevo cálculo, una nueva prueba, hasta lograr su objetivo, el cual tiene completamente interiorizado.

Estas herramientas les servirán de apoyo para razonar pruebas de ensayo-error, decidir la mejor manera de resolver cada reto o reflexionar sobre la validez del resultado obtenido. Contribuyen pues al desarrollo de destrezas y actitudes que se persiguen en la asignatura de matemáticas bajo el prisma competencial, reflejadas en el bloque de contenidos transversal que incorpora la LOMCE.

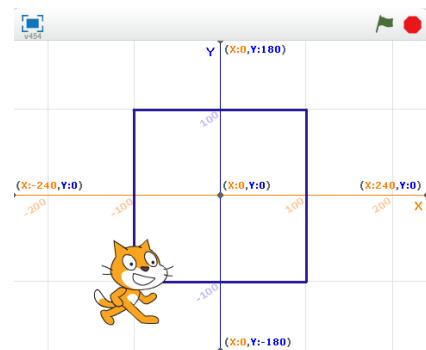


Figura 11 Ejemplo problema de coordenadas en Scratch (Fuente: elaboración propia)



Figura 12 Captura Car race (scratch.mit.edu/projects/14124328)

C. Scratch y lego wedo como entorno de aprendizaje

El aprendizaje orientado a proyectos permite al alumno enfrentarse a retos diversos que se convierten en oportunidades de aprendizaje. El reparto de responsabilidades (por ejemplo, en tres roles diferenciados: el programador, el constructor, el jefe de proyecto) fomenta el compromiso con el equipo, e incrementa el esfuerzo de cada uno de sus miembros. Perciben que el trabajo cooperativo entre los miembros del mismo grupo les ayuda a resolver obstáculos que se van encontrando. A menudo demandan la explicación de cómo sería posible hacer una determinada acción, oportunidad perfecta para que los alumnos que ya lo han logrado lo comparten incluso con compañeros de otros grupos. Esto aumenta en gran medida su autoestima y promueve actitudes de colaboración entre el alumnado.

En la metodología por proyectos, tan adecuada para el uso de estas herramientas, tienen cabida el desarrollo de competencias como aprender a aprender y la comunicación lingüística. En este sentido, tienen cabida actividades como la exposición final al grupo entero y la recopilación de información relevante durante el proceso de elaboración por parte del jefe de proyecto (diseño y objetivo inicial, decisiones acertadas y menos acertadas, cambios respecto a la idea inicial, principales obstáculos encontrados).

Gracias a estas herramientas sencillas e intuitivas un cambio de roles durante el trascurso de un mismo proyecto favorecería el *perspectivismo estratégico*, es decir, la competencia para identificar las estrategias seguidas por otros compañeros. Por ejemplo, el programador, que rotaría en cada sesión, debe analizar el código programado por su compañero durante la sesión anterior para extraer el razonamiento lógico seguido para cada sensor o actuador, personaje o escenario de cada proyecto.

Asimismo, permiten alto grado de flexibilidad y personalización. Los alumnos orientan las actividades según sus intereses, determinan con qué quieren trabajar y que grado de profundidad alcanzar.

4 PROPUESTA EDUCATIVA DE CARÁCTER DIDÁCTICO

En el capítulo anterior se han analizado los objetivos didácticos en el área de las matemáticas bajo un enfoque competencial, enfoque que surge fruto de las nuevas necesidades de nuestra sociedad y que queda reflejado en las legislaciones educativas actuales.

Así mismo, se han analizado algunas estrategias y herramientas TIC de programación gráfica y robótica que, según resultados de iniciativas nacionales e internacionales, pueden ayudar a desarrollar un enfoque metodológico complementario que afiance conocimientos y provea situaciones de aplicación en las que los alumnos puedan desarrollar su competencia matemática.

Considerando lo anterior, se elabora una propuesta de trabajo en el aula que lleva por título “*A divertirse programando las mates*”. Su finalidad es desarrollar la competencia matemática en el

alumnado de los últimos cursos de primaria utilizando las herramientas de Scratch y Lego Wedo creando contextos significativos para el alumno de forma que se incremente su motivación y predisposición hacia las matemáticas.

4.1 CONTEXTO DE APLICACIÓN

4.1.1 Características del entorno y del centro

La propuesta metodológica se llevará a cabo en un grupo de tercer ciclo de Primaria en un colegio situado en la Comunidad de Madrid, en concreto en la población de Tres Cantos.

Es una ciudad joven y moderna que dispone de amplias zonas verdes y parques muy bien cuidados, y que además linda con varias zonas de alto valor medioambiental como los Montes del Pardo y los de Viñuelas. En Tres Cantos hay una amplia oferta educativa. Cuenta con nueve centros públicos de enseñanza primaria y con tres de enseñanza secundaria, dos centros privados-concertados, dos privados y varias escuelas infantiles. Cuenta con la Escuela Municipal de Música, una base de Escuela oficial de Idiomas y dos Bibliotecas municipales.

Según el Ayuntamiento de Tres Cantos (2012) la población posee un elevado nivel cultural, ya que el 60,1% de los tricantinos tiene estudios universitarios, dato importante si lo comparamos con el 20,4 % de la población con titulación superior de la Comunidad de Madrid. Según esta misma fuente el nivel de vida de los tricantinos, medido por su renta per cápita, es medio alto, encontrándose en el séptimo puesto de los municipios de la Comunidad de Madrid.

Los colegios e institutos del municipio apuestan por la tecnología como una pieza importante de su oferta educativa y han obtenido varios premios a nivel nacional (EFE, 2016). En educación Primaria, la Comunidad de Madrid contempla la enseñanza de fundamentos de programación y creación de programas en Scratch en la asignatura de libre configuración autonómica de *Tecnología y recursos digitales para la mejora del aprendizaje* tal como se puede ver en el Currículo de la Educación Primaria en la Comunidad de Madrid (BOCM, Decreto 89/2014).

Este hecho hace que el alumno de tercer ciclo de un centro de este municipio esté familiarizado con las tecnologías a emplear, aspecto importante de cara a poder utilizar estas herramientas en la clase de matemáticas.

4.1.2 Características del alumnado

Las actividades planteadas en la propuesta educativa están dirigidas a los alumnos del tercer ciclo de Primaria, de edad comprendida de entre 10 y 12 años, para ser impartidas en grupos preferiblemente reducidos de máximo 18 alumnos.

La propuesta considera la atención a la diversidad. Según el marco teórico analizado, el trabajo en equipo tiene un impacto positivo en los alumnos con dificultades de aprendizaje por lo que las

actividades están basadas en un aprendizaje cooperativo. Al trabajar en grupos el docente puede prestar apoyo a aquellos que más lo necesiten. Además, las tareas se presentan con retos de dificultad creciente lo que permite que cada grupo avance según su destreza.

El uso de TIC en el aula es fuente de motivación y autoestima. Los alumnos con problemas de grafomotricidad o dilexia tienen la oportunidad de demostrar sus habilidades sin que se les evalúe con actividades basadas en la lectura y escritura. Las instrucciones de la programación gráfica, que además se presentan como piezas de puzzle con diversas formas y colores según su función, son el único texto con el que tendrán que trabajar.

4.2 OBJETIVOS DIDÁCTICOS

Las actividades diseñadas persiguen los siguientes objetivos:

- Objetivo 1. Afianzar la adquisición de conceptos matemáticos relativos a: números enteros, múltiplos y divisores, números primos, reglas de divisibilidad del 2 y del 3, ángulos, figuras geométricas, proporcionalidad, simetría, aleatoriedad, sistema de coordenadas, fracciones, porcentajes. Demostrar su manejo y la capacidad de codificar matemáticamente un problema en el que están involucrados.
- Objetivo 2. Adquirir habilidades numéricas y operacionales, especialmente enfocadas al cálculo mental.
- Objetivo 3. Interiorizar estrategias para la resolución de problemas.
- Objetivo 4. Desarrollar actitudes adecuadas para la resolución de problemas
- Objetivo 5. Desarrollar actitudes adecuadas para el trabajo colaborativo.

Estos objetivos se redactan en el marco de lo dispuesto en el *Curriculum de la Educación Primaria en la Comunidad de Madrid (BOCM, Decreto 89/2014)* para el área de matemáticas.

4.3 PRINCIPIOS METODOLÓGICOS

Considerando el análisis realizado en el marco teórico respecto a aspectos metodológicos para llevar estas tecnologías al aula de la forma más eficiente, se establecen los siguientes principios metodológicos de actuación en la presente propuesta:

- **Alumno protagonista del proceso enseñanza-aprendizaje (e-a)** donde las actividades se centran en el propio hacer del alumno.
- Promover **el autodescubrimiento, la indagación**, el razonamiento inductivo, la autoevaluación, la auto-reflexión. Requiere un uso del *estilo instructivo metacognitivo* donde el docente verbaliza el proceso cognitivo a seguir para llegar a la solución razonada del problema o realiza las preguntas adecuadas para guiar el razonamiento.
- **Crear puentes a partir de conocimientos previos**, proponerles retos de dificultad progresiva que vayan afianzando conceptos o destrezas gradualmente.

- **Trabajo cooperativo en pequeños grupos**, con roles delimitados. En aquellos proyectos que emplean el kit de robótica podrían dividirse en grupos de tres miembros que asumirán en cada sesión un rol diferente: jefe de proyecto, programador y constructor. Si la actividad no implica el uso del kit se forman parejas que compartirán el PC. Para asegurarse de un buen funcionamiento cooperativo se debe promover su compromiso y responsabilidad planteando objetivos grupales, fomentando la compartición de ideas y la consulta de dudas de forma intra e inter-grupal.
- **Aprendizaje basado en retos a resolver** planteados de una forma cercana a sus focos de interés donde tienen cabida estrategias de ensayo-error, la experimentación y la realimentación inmediata sobre sus decisiones. El docente deja tiempos para la resolución de cada reto y promueve las explicaciones intra e inter-grupales de aquellos que lo han resuelto en caso necesario.
- Espacio para la creatividad, al personalizar cada proyecto guiado al final de las sesiones o al crear su propio proyecto.

Considerando estos principios podríamos considerar que el tipo de metodología aplicada, según las diferentes clasificaciones, sería:

- Método inductivo respecto a la forma de razonamiento, ya que se parte de casos particulares para llegar a conocer el principio general.
- Método intuitivo respecto a la forma de interacción del alumno con la realidad.
- Método activo en cuanto a la participación del alumno.
- Método globalizado en cuanto a la integración de contenidos interdisciplinares.
- Método heurístico o de descubrimiento donde es el alumno quien busca, prepara y asimila el conocimiento.
- Método mixto de trabajo donde los alumnos investigan sobre los conceptos matemáticos de forma individual para después ponerlos en común y diseñar la resolución del problema.

4.4 ACTIVIDADES DE COMPETENCIA MATEMÁTICA

La siguiente tabla muestra un resumen de las actividades diseñadas para el desarrollo de la competencia matemática. Son un conjunto de recursos que pueden ser utilizados por el profesor de matemáticas de forma parcial o completa en función de las necesidades educativas que observe en sus alumnos, considerando que cada actividad trabaja una serie de aspectos de la competencia matemática.

Además de trabajar los conceptos matemáticos reflejados en la tabla, las actividades tratan diversos aspectos de la competencia matemática como son:

- desarrollar estrategias para la resolución de problemas,
- adquirir actitudes adecuadas para confrontar retos, y

- desarrollar habilidades para el trabajo colaborativo.

Tabla 1 Resumen de actividades

<i>Actividad⁹</i>	<i>Sesiones¹⁰ de 55'</i>	<i>Recursos</i>	<i>Conceptos matemáticos</i>
<i>Gem-game</i>	1 sesión	1 PC cada 2 alumnos Scratch	Números enteros. Múltiplos. Estimación, cálculo mental. Ordenación en la recta.
<i>A la caza de los números</i>	1 o 2 sesiones	1 PC cada 2 alumnos Scratch	Múltiplos y divisores. Números primos. Reglas de divisibilidad. Sistema de coordenadas. Cálculo mental.
<i>Dibujando polígonos</i>	2 sesiones	1 PC cada 2 alumnos Scratch	Ángulos. Polígonos regulares. Simetría. Proporcionalidad.
<i>Tic-tac reloj</i>	2 sesiones	1 PC cada 2 alumnos Scratch	Ángulos. Medidas de tiempo (sistema sexagesimal)
<i>Pilotando un helicóptero</i>	2 sesiones	1 PC cada 3 alumnos Scratch Lego Wedo	Porcentajes. Fracciones. Ángulos. Estimación.
<i>El ascensor</i>	2 sesiones	1 PC cada 3 alumnos Scratch Lego Wedo	Números enteros.

4.4.1 Competencias clave

Las competencias claves involucradas en todas las actividades son las siguientes:

- La competencia lingüística, para verbalizar la comprensión de los retos, exponer sus argumentos, razonar con sus compañeros o exponer oralmente sus proyectos.
- La competencia de aprender a aprender, al interactuar con la tecnología de forma intuitiva y aplicar la técnica de ensayo-error al programar.
- La competencia digital, al utilizar la tecnología de forma crítica y creativa.
- La competencia social y cívica, desarrollada en el aprendizaje cooperativo.

⁹ Para mayor información de cada actividad ver la sección 4.4.3. La evaluación de cada actividad se describe en la sección 4.6.

¹⁰ Mínimo número de sesiones necesario. No se han contemplado exposiciones orales del trabajo realizado.

4.4.2 Recursos materiales y económicos

Gracias a que Scratch es un software abierto multiplataforma que además permite la edición on-line sin requerir instalación, las actividades basadas en este lenguaje no requieren coste adicional.

Por otro lado, si se quieren llevar a cabo las actividades propuestas con el kit de robótica Lego Wedo, sí sería necesario abonar 130€ por unidad. Idealmente, el grupo no superaría los 18 alumnos, quienes, al trabajar en grupos de 3, necesitarían 6 kits. Suponiendo que se puede hacer uso de la sala de ordenadores del centro educativo y de material presente en el centro (pizarras, cartulinas, rotuladores), y considerando que el software Scratch es libre, el presupuesto total asciende a 780€.

4.4.3 Contenidos de las actividades

A continuación, se explican en qué consisten las actividades diseñadas para el desarrollo de la competencia matemática. Además de mostrar en qué consiste el juego base sobre el que se sustenta la actividad, se explican los aspectos de la competencia matemática que se tratan en cada una de ellas, una guía breve de los pasos a seguir de su implementación en clase y las peculiaridades de programación que han de tenerse en cuenta en las explicaciones a los alumnos. Las explicaciones para la resolución de retos que aquí se incluyen tienen por objeto facilitar la labor docente, quien seguirá un estilo metodológico que promueva el autodescubrimiento y la indagación del alumno, como se propone en la sección 4.3.

A. *Gem-game*

Aspectos de la Competencia Matemática:

- Valor de los números enteros (en especial los números negativos).
- Múltiplos y divisores.
- Habilidad numérica y operacional con números enteros.
- Comparación, estimación, ordenación, aproximación al instrumento de medida de regla longitudinal.

Propuesta de actividad tipo: estimar el desplazamiento adecuado para cazar el objeto “gema”, basado en introducir números enteros positivos (para subir) o negativos (para bajar).

- Juegan y se familiarizan con el valor de los números enteros con el programa elaborado por Giannakos (2012), el cual presenta al usuario una serie de misiones para recuperar al perro *Lucky*. En el primero de los retos el usuario introduce los valores guiándose por una recta que va de los valores 0 a 16, mientras que en el segundo la recta guía comprende de 16 a 0, y en el último la recta guía va de -8 a 8.

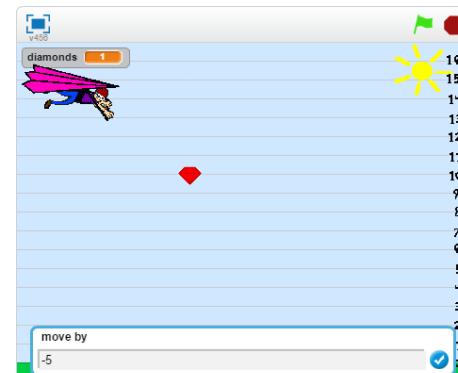


Figura 13 Captura Gem-game
(scratch.mit.edu/projects/1292162)

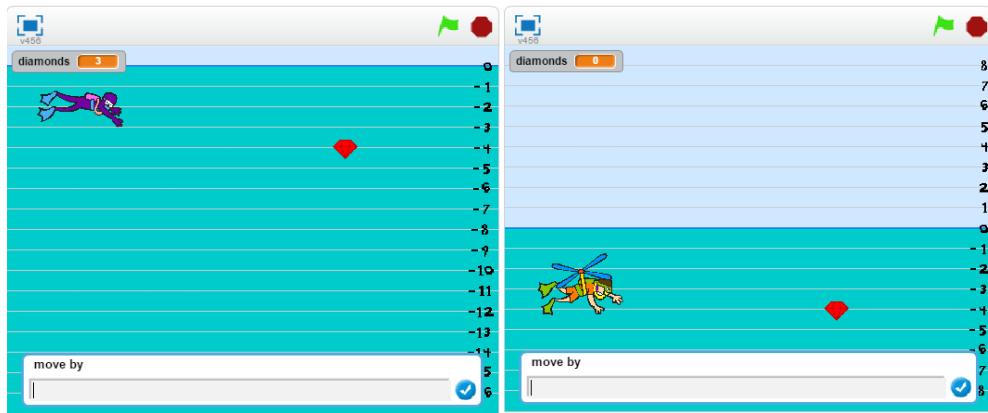


Figura 14 Capturas de Gem-game (scratch.mit.edu/projects/1292162)

- Se les presenta una versión simplificada del juego para que los alumnos puedan entender y hacer modificaciones en el código¹¹. Se les explica la programación y en especial el desplazamiento en el eje *y* (ver más adelante).
- Se introducen los diferentes retos:
 - o **Reto:** modificar la velocidad del objeto “gema” (basado en variar los pasos que se mueve en el eje *x* dentro del bucle de repetición).
 - o **Reto:** conseguir que cada “gema” suba el marcador más de un punto.
 - o **Reto:** hacer que el paracaidista se desplace el doble del valor introducido.
 - o **Retos extra:** hacer que el paracaidista se desplace el triple o la mitad del valor introducido.

Programación: requiere nivel inicial. Es clave entender el desplazamiento en el eje *y*.

El rango del eje *y* vertical es de -160 a 160. Sin embargo, cuando el usuario introduce un valor entero nos movemos entre las 16 posiciones posibles que nos indica la recta vertical de la derecha. Este espacio (-160,160) se subdivide en grupos de 20 para obtener las 16 posiciones. Por ello, la posición en el eje *y*, tanto del objeto “gema” como del “personaje”, se fijan en múltiplos de 20.

- El “personaje” se desliza desde su posición actual (*posición en y*) un múltiplo de 20, tantos como indique *rows* (variable que almacena el número entero introducido por el usuario). Su valor en *x*, sin embargo, permanece constante para situarse siempre a la izquierda de la pantalla:



Figura 15 Instrucción del objeto personaje

¹¹ Ver ejemplo de elaboración propia en scratch.mit.edu/projects/165338247/

- Y el objeto gema siempre comienza a la derecha de la pantalla ($x=240$) y en un múltiplo aleatorio de 20 en el rango limitado de 16 posiciones en total.



Figura 16 Instrucción del objeto gema

B. A la caza de los números

Aspectos de la Competencia Matemática:

- Afianza la alfabetización numérica sobre múltiplos y divisores, números primos.
- Infiere y analiza las reglas de divisibilidad del 2 y 3.
- Desarrolla el cálculo mental (al ser jugador) y adquiere actitudes para la resolución de problemas (al programar modificaciones sobre el juego base).
- Se familiariza con los números aleatorios¹² (al programar la reaparición de números en posición aleatoria del escenario).
- Adquiere fundamentos de orientación espacial en el plano (sistema de coordenadas).

Propuesta de actividades: actividades basadas en objeto “gato” que se mueve con el cursor para atrapar los números deseados, los cuales suman puntos al marcador, o restan en caso contrario. Además de modificarse la puntuación en función de si es un acierto o se comete un error, el objeto “gato” cambia de disfraz volviéndose verde o rojo momentáneamente.

- Experimentan con el juego base donde el usuario debe encontrar los múltiplos de 2.
- Se explican aspectos destacables de la programación (ver a continuación).
- **Reto:** modificar el juego para encontrar múltiplos de tres (basado en modificar la programación de cada número).
- **Reto:** modificar el juego para encontrar divisores de 15 (o divisores de 12, etc.).
- **Reto:** modificar el juego para encontrar números primos.



Figura 17 Captura de “A la caza de números”

(elaboración propia

scratch.mit.edu/projects/156781566/)

Nivel de programación: inicial. Trabaja aspectos de la programación relevantes para:

- detectar encuentros entre el objeto “gato” y un objeto número con el uso de instrucciones del bloque de sensores y condiciones del bloque de control (*si tocando a objeto “gato”*).

¹² Aspecto relevante en bloque de contenidos de Estadística y Probabilidad de 6º curso de primaria.

- reaparición de los objetos número en posición aleatoria con instrucciones del bloque apariencia (mostrar, esconder) y operadores para generar números al azar.
- controlar el desplazamiento continuo de los números y su rebote con las paredes.
- control de variable de puntuación con el uso de operador de comparación (=).
- envío de mensajes entre objetos.

C. Dibujando polígonos

Aspectos de la Competencia Matemática:

- Afianza conceptos matemáticos sobre ángulos y polígonos construyendo y explorando figuras geométricas planas¹³.
- Infiere características en polígonos regulares.
- Manipula objetos para trabajar la simetría.
- Trabaja la proporcionalidad con figuras poligonales conservando los ángulos.
- Promueve el razonamiento lógico-matemático, la codificación matemática del problema (ej. descubrir el uso de operador división al buscar el ángulo que conforman los lados en un polígono).
- Adquiere actitudes para la resolución de problemas al enfrentarse a cada reto.

Propuesta de actividades: actividades basadas en dibujar polígonos regulares a partir de un objeto “lápiz”. Se comienza con un cuadrado y se irán incrementando el número de lados¹⁴. Se trabaja además la simetría y la proporcionalidad.

- Explicación guiada de cómo dibujar un cuadrado donde interviene el giro de 90º y el avance de distancias iguales.
- **Reto:** realizar cuadrilátero donde el primer giro sea de 30 grados y el segundo de 150.
- **Reto:** realizar pentágono descubriendo cuántos grados ha de girar el lápiz para dibujar dos lados consecutivos. Tras sus cálculos en papel, *razonamos la utilización del operador división*.
- **Reto:** realizar hexágono regular confirmando la fórmula obtenida en el ejercicio anterior.
- **Reto:** hacer la figura simétrica de una dada.
- **Reto:** realizar ampliaciones y reducciones de una figura dada.

Nivel de programación: inicial. Requiere dominio de instrucciones de lápiz, bucles de repetición y operadores, principalmente.

¹³ Para trabajar la geometría 3D se utilizaría beetleblocks.com que trabaja con entorno similar a Scratch.

¹⁴ Ver ejemplo de actividad en https://youtu.be/uu6i_oTognM elaborado por el equipo Scratch UVA.

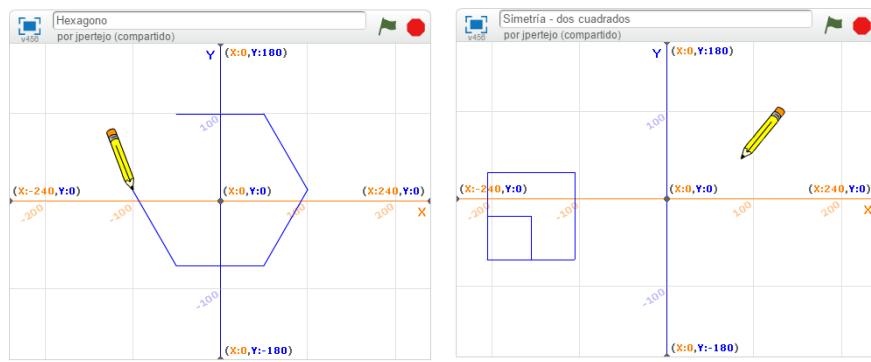


Figura 18 Captura de “Hexágono” y de “Simetría” (elaboración propia: scratch.mit.edu/projects/156701896 y scratch.mit.edu/projects/156786437)

D. Tic-tac reloj

Aspectos de la Competencia Matemática:

- Promueve el razonamiento lógico-matemático, la codificación matemática del problema (ej. descubrir el uso de operador división al buscar el ángulo de giro para cada aguja).
- Familiariza al alumno con el sistema sexagesimal, con la proporcionalidad de movimiento entre segundero, minutero y hora.
- Adquiere actitudes para la resolución de problemas al enfrentarse a cada reto.

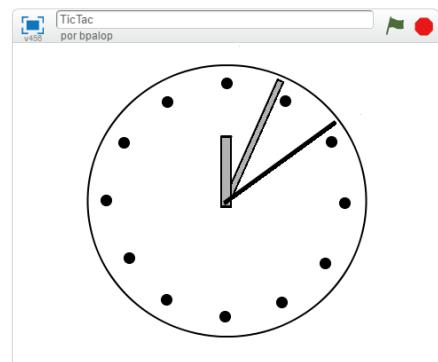


Figura 19 Captura de “TicTac” (scratch.mit.edu/projects/24480089)

Propuesta de actividad tipo: basado en relacionar el número de horas en una vuelta completa, minutos en una hora, segundos en un minuto y ángulo de giro para cada aguja.

- Se les presenta el programa. En el escenario está pintado el reloj como un fondo. Las agujas son objetos.
- **Reto 1:** descubrir el ángulo de giro del segundero. Deben *razonar el uso del operador de división para girar 360/60 grados.*
- **Reto 2:** programar el minutero. Para ello el objeto “segundero”, tras completar los 60 ciclos del bucle repetir, debe avisar - mediante envío de mensaje - al objeto “minutero” para que gire. Deben además descubrir el ángulo de giro del minutero y programar su giro al recibir el mensaje.

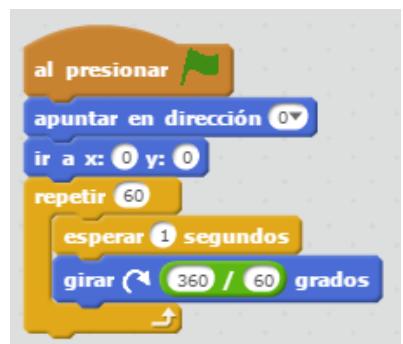


Figura 20 Programación del segundero (reto 1)



Figura 21 Programación del segundero al completar el reto 3

- **Reto 3:** programar las horas. Es similar, aunque en este caso el ángulo de giro de la aguja de las horas varía.
- **Retos extra:** variar apariencia del reloj con decoración diferente a cada hora. Acelerar el paso del tiempo para ver la animación en poco tiempo. Pueden variar el tiempo de espera o inventarse otro número de minutos en una hora. Ello implicará el cambio del ángulo de giro y afianzará los conceptos sobre el sistema sexagesimal.

Nivel de programación: inicial. Se les muestra la importancia de programar cada aguja para que su punto de giro coincida con su extremo central.

Esta actividad está basada en una de las guías MATCH elaborada por la Universidad de Valladolid denominada Tic-Tac-Reloj¹⁵.

E. Pilotando un Helicóptero

Aspectos de la Competencia Matemática:

- Interioriza conceptos matemáticos referidos a porcentajes y fracciones.
- Comparación, estimación, experimentación con conceptos matemáticos aplicados.



Figura 22 Construcción de helicóptero con kit Lego Wedo

Propuesta de actividad: basada en construir un helicóptero y programar la potencia del motor que mueve sus hélices en función de la altura de vuelo. Para ello se debe trabajar desde Scratch con el parámetro de entrada que ofrece el sensor de distancia (altura de vuelo) y con el parámetro de salida para controlar el motor del helicóptero (determina la velocidad de sus hélices).

- Se construye un helicóptero con el kit de robótica Lego Wedo. Se hace uso del motor del kit y de los engranajes y coronas para llevar el movimiento del motor a las hélices. También se hace uso del sensor de distancia colocado hacia abajo para informar a Scratch de la altura de vuelo.

¹⁵ <https://scratch.infor.uva.es/match/guias-match-tic-tac-reloj/>

- Se les presenta el programa ya realizado en Scratch donde el objeto “helicóptero” se desplaza verticalmente siguiendo la altura de vuelo que marca el robot helicóptero real. Para conseguirlo se ha mapeado el rango de valores del sensor de distancia, que va de 0 a 100, en el rango del eje y (-180,180) que se muestra por pantalla. En esta parte inicial, los alumnos se familiarizan con la lectura de la altura y con fijar arbitrariamente una potencia de motor para mover las hélices de su helicóptero.
- **Reto:** detectar si el helicóptero se encuentra en zona de peligro (menos de 1/4 de su rango posible), en cuyo caso se debe avisar al piloto por medio de un mensaje por pantalla y además accionar el motor al máximo de su capacidad (100%). Se puede hacer de dos formas:
 - una sencilla: calculando $\frac{1}{4}$ de la altura, es decir, del valor del sensor distancia, que tiene como valor máximo 100 → *Si la altura < 25 entonces se estaría en zona de peligro*
 - o compleja: calculando $\frac{1}{4}$ de máximo rango posible del eje y que sería 180×2 . → *Si la posición en y del objeto helicóptero < -90 entonces se estaría en zona de peligro*
- **Reto:** completar la programación de la potencia del motor en función de la altura. Si el helicóptero se encuentra entre 1/4 y 2/4 de su rango posible de altura, la potencia será del 50%. Si está en la siguiente franja entre 3/4 y 4/4, accionaremos el 25% de potencia. Si está en la franja de altura superior a 3/4 el motor se para.



Figura 23 Captura de “Helicóptero”
**(Fuente: elaboración propia:
scratch.mit.edu/projects/156991399)**

Nivel de programación: inicial. Requiere el manejo de dispositivos electrónicos del kit y el uso de operadores.

F. El Ascensor

Aspectos de la Competencia Matemática:

- Interioriza conceptos matemáticos referidos a los números enteros y de posicionamiento en el sistema de coordenadas.
- Promueve el razonamiento lógico-matemático, la codificación matemática del problema (ej. descubrir el uso de operador resta al buscar el sentido de giro del motor Lego).
- Descomposición del problema en secuencia de retos más simples.
- Adquiere actitudes para la resolución de problemas al enfrentarse a cada reto (comprensión del problema, diseño y planificación, simulación, manipulación).

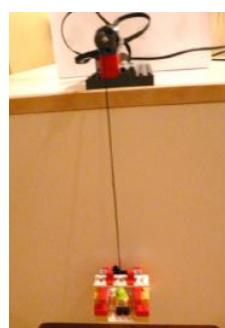


Figura 24 Construcción de ascensor con kit Lego Wedo

Propuesta de actividad: realizar un videojuego interactivo sobre un ascensor, y construirlo con Lego wedo haciendo uso del motor del kit. Tanto el ascensor virtual como el real se desplazan siguiendo las órdenes del usuario y teniendo en consideración la ubicación del personaje, el cuál determinará si el ascensor sube o baja.

- **Reto 1:** Construir un ascensor con Lego haciendo uso de engranajes o poleas y el motor. Se podría incluir una introducción a la evolución de los mecanismos utilizados en los mismos.
- **Reto 2:** Programar el movimiento de elevación o descenso de la cabina en función de la tecla pulsada. Además, como reto extra se podría utilizar el sensor de distancia en la parte superior para detectar si la cabina ha llegado a su punto más alto, lo que detendrá el motor (si el valor de distancia es 0 significa que está tocando un objeto).
- **Reto 3:** Programar juego interactivo de un ascensor en edificio de 4 plantas. El alumno debe traducir el funcionamiento que se le expone al lenguaje de programación. Se les puede plantear lo siguiente:

Si el usuario presiona el botón de llamada LL el ascensor se desplaza hacia el piso donde se sitúa la persona. Cuando llega, la persona sube a la cabina. El usuario elige ahora el piso destino deseado con un click en el panel de botones. El ascensor se desplazará a la planta seleccionada y la persona se bajará de la cabina y se asomará por el balcón del piso correspondiente.



Figura 25 Captura de Simulación Ascensor
(elaboración propia
scratch.mit.edu/projects/157099598/)

Se ha de guiar al alumno con una secuenciación de mini-retos como: crear los objetos y escenario, programar posiciones iniciales, relacionar posiciones en el eje y con el número de piso, ir programando cada objeto secuencialmente. Será necesario crear variables con información útil para otros objetos en el videojuego (almacenar la posición en la que quedó la persona, botón pulsado en la botonera, etc.).

- **Reto 4:** Programación del control del motor Lego en el ascensor real. Para programar el correcto sentido de giro del motor que eleva o desciende la cabina, el alumno debe averiguar cuándo tiene que subir o bajar el ascensor del videojuego. Para programar el tiempo que ha de estar activo el motor debemos saber cuántos pisos ha de desplazarse.

Para averiguar el sentido de giro y tiempo activo del motor debemos instar a los alumnos a realizar sus cálculos mentales y con apoyo de esquemas en papel. Debemos guiarlos, si es necesario, en el razonamiento del uso de *del operador resta entre el piso en el que estamos y el piso al que queremos ir*, o viceversa. Se les puede poner como ejemplo,

Si estamos en el 1er piso y queremos ir al 3º: $1-3 = -2$ (negativo -> el ascensor sube 2 pisos).

Si estamos en el 2º piso y queremos ir al 1º: $2-1 = 1$ (positivo -> el ascensor baja 2 pisos)

Antes de ofrecerles esta explicación debemos intentar que ellos mismos lleguen a la forma de resolución general partiendo de casos concretos. Debemos guiarles en su razonamiento siguiendo una metodología inductiva.

Nivel de programación: inicial en retos 1,2 y 3; medio en reto 4. Se utilizarán variables, envío de mensajes, lecturas de posición de los objetos en x,y ; instrucciones de apariencia para mostrar o esconder elementos.

La evaluación de cada actividad se describe en la sección 4.6.

4.5 TEMPORALIZACIÓN – PROGRESIÓN EN 3 FASES

Para que las actividades sean enriquecedoras y contribuyan eficazmente al proceso de enseñanza-aprendizaje, es necesario que los alumnos estén familiarizados con las tecnologías que se utilizan. Es necesario adquirir previamente un nivel básico en el uso de Scratch, especialmente. Esta fase introductoria, que quedaría fuera del tiempo de aula destinado a las matemáticas, se realizaría en la asignatura de *Tecnología y recursos digitales para la mejora del aprendizaje* (según lo recogido en el punto 5.1) y no forma parte del fin último del presente proyecto.

Estableciendo unas líneas generales para esta fase introductoria, podemos decir que, inicialmente, se requerirían varias sesiones para conocer el entorno de Programación Scratch. Además de una explicación magistral sobre las diferentes partes del entorno de Scratch, los alumnos podrían iniciarse en los elementos básicos de programación realizando cursos online sencillos y atractivos de *Code Studio*¹⁶. Permite trabajar los fundamentos de programación de forma individual según su nivel de conocimiento. Posteriormente, se aconseja utilizar uno de los múltiples manuales que existen en la web de Scratch, incluidos videos¹⁷ y fichas. Para familiarizarse con el kit de Lego Wedo y manejar sus dispositivos electrónicos desde Scratch sería recomendable comenzar con algunas propuestas de la comunidad Lego¹⁸ para posteriormente dejar paso a la creatividad de los alumnos. Partiendo, por ejemplo, de la construcción de máquinas simples (palancas, poleas, levas) y del uso de algunos dispositivos electrónicos, podrían crear su propio robot y programarlo.

Así mismo, tras llevar a cabo las actividades para la mejora de la competencia matemática que se temporalizan y explican a continuación, el profesor podría realizar una fase final de profundización si dispusiera del tiempo necesario (más de 4 sesiones).

Se trataría de un trabajo por Proyectos de creación libre en la que los alumnos realizan en grupos de tres un proyecto educativo desarrollado en Scratch que involucre la elaboración de contenidos o

¹⁶ Ver más información en <https://studio.code.org/>

¹⁷ Video-tutoriales de Scratch <https://scratch.mit.edu/help/videos/>

¹⁸ Actividades prediseñadas con Lego Wedo <https://education.lego.com/en-us/support/wedo/building-instructions>

competencias del área de matemáticas. Podrán realizar un juego matemático interactivo, un videojuego, concurso de preguntas y respuestas, una historia o animación, siempre relacionado con algún contenido matemático. Podrán también servirse de construcciones con el kit de Lego Wedo que trabajen algún aspecto de la competencia matemática, o usar los sensores del kit para crear un mando controlador del videojuego.

Para estos proyectos de creación libre serían necesarias varias sesiones, al final de las cuales se realizarían exposiciones al grupo-clase explicando cual fue el objetivo original, los obstáculos encontrados en el proceso y cómo se han solucionado, el resultado obtenido y las mejoras que podría aceptar.

Esta fase final, que está fuera del alcance de la propuesta, consolidaría la motivación por las herramientas tecnológicas y cerraría un proceso completo en el que los alumnos, partiendo de sus propios intereses e imaginación, crean un proyecto, construyen su propio conocimiento, lo comparten y se retroalimentan. Esto los conduce a generar nuevas ideas basadas en sus experiencias, a realizar nuevos proyectos por iniciativa propia y, en definitiva, a crecer personalmente.

4.6 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

4.6.1 Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación de la presente propuesta se subdividen en cuatro áreas:

A) Alfabetización matemática

- Conceptos matemáticos:
 - investiga sobre los conceptos matemáticos que se van a trabajar en la actividad
 - relaciona la teoría con su aplicación práctica en el videojuego o reto
 - satisface cada uno de los aspectos indicados en la rúbrica (ver Anexo C)
- Números y operaciones:
 - identifica la operación matemática a aplicar en cada caso
 - resuelve las operaciones a partir del cálculo mental
 - resuelve las operaciones aplicando las instrucciones de operaciones correctas del programa Scratch.

B) Estrategias para la resolución de problemas

- Expresa verbalmente de forma razonada el proceso seguido en la resolución de un problema.
- Comprende el contexto del problema, analiza e identifica los datos importantes, realiza esquemas de apoyo al razonamiento.
- Identifica los pasos a seguir para su resolución, realiza los cálculos necesarios, esquematiza de forma lógica, razonada y ordenada los pasos de programación a seguir.
- Comprueba la solución obtenida, razona pruebas de ensayo-error, realiza predicciones sobre los resultados esperados.

- Profundiza en los programas una vez resueltos, busca otras formas de realizarlo, decide la mejor manera de resolverlo.
- Identifica patrones, regularidades y leyes matemáticas en situaciones de cambio:
 - o en contexto numérico (ej. reglas de divisibilidad del 2 y del 3 en “A la caza de números”)
 - o en contexto geométrico (ej. relación entre el número de lados de un polígono regular y el ángulo que forman sus lados).

C) Actitudes para la resolución de problemas

- Supera bloqueos e inseguridades ante la resolución de situaciones desconocidas.
- Muestra actitudes personales inherentes al quehacer matemático:
 - o esfuerzo y perseverancia,
 - o flexibilidad y aceptación de la crítica razonada.

D) Actitudes para el trabajo colaborativo

- Respeta su turno entre los diferentes roles asignados.
- Escucha otras opiniones y las considera dentro de su propio razonamiento.
- Se muestra proactivo y dispuesto.

4.6.2 Tipos y mecanismos de evaluación

A. Evaluación Inicial

El profesor debe identificar mediante una evaluación inicial cuáles son los conocimientos y procedimientos de la competencia matemática que son susceptibles de mejora dentro de su alumnado. Si la disponibilidad de recursos y tiempo es limitada, podrá identificar así las actividades más adecuadas para utilizar en el aula. Si considera de interés y puede realizar la propuesta completa, es preferible abordar una actividad por semana o por cada dos semanas para que el alumno tenga la posibilidad de practicar o profundizar en casa si lo desea.

Así mismo, antes de llevar a cabo las actividades, se recomienda evaluar el nivel de conocimientos de las tecnologías Scratch y Lego Wedo. A este fin se ha diseñado una sencilla encuesta que se presenta en el Anexo A.

B. Evaluación Continua

La evaluación de la mayor parte de los objetivos didácticos de la propuesta se realizará durante el trámite de las actividades. Esta evaluación es formativa e informará a alumno y profesor de cómo está desarrollándose el proceso e-a para reconducirlo en caso necesario. Esta evaluación consistirá en:

- *Autoevaluación de los alumnos durante las actividades*: el alumno auto-evalúa su aprendizaje de forma inmediata viendo los resultados de su programación y la superación de los distintos retos. Así mismo, al finalizar cada actividad el alumno podrá auto-evaluarse de conocimientos y

habilidades adquiridas en la actividad (Anexo B1), de las estrategias que ha empleado para solventar los retos y cómo se han afrontado (Anexo B2) y de su trabajo en equipo (Anexo B3). Además, cada grupo dispone de un *diario de anotaciones* donde apuntar los aspectos más relevantes del proceso (dificultades encontradas, formas de resolución probadas, solución adoptada). Esta información la utilizarán para hacer exposiciones a la clase y evaluar el trabajo realizado.

- *Evaluación continua de los profesores en el aula respecto a contenidos, habilidades de cálculo y estrategias de resolución de problemas* (Objetivos 1, 2 y 3): el profesor utilizará una observación sistemática en el aula apoyándose de una rúbrica de evaluación (ver Anexo C) para medir el grado de adquisición de los objetivos. Así mismo, para completar la información de y realizar una mejor evaluación, se prestará especial atención a la interacción con los alumnos durante el proceso: sus respuestas a preguntas dirigidas al grupo o al alumno, su progresión en los retos de cada sesión, sus anotaciones en el diario de clase, las preguntas que realicen.
- *Evaluación continua de los profesores en el aula respecto a actitudes para la resolución de problemas y el trabajo colaborativo* (Objetivos 4 y 5): se tendrá en cuenta la observación sistemática de los siguientes aspectos.
 - Nivel de compromiso con la actividad, grado de implicación con el equipo, disposición y colaboración en el equipo (aporta ideas, comunica y explica, comparte, escucha y sigue instrucciones atentamente y las sigue)
 - Actitud frente a los retos, grado de proactividad y esfuerzo.
 - Aceptación de la crítica razonada.
 - Capacidad de evitar y resolver conflictos sin requerir mediación del profesor.
 - El respeto a las normas de la clase.
 - El respeto a los compañeros y al profesor.

C. Evaluación Final

Para realizar una evaluación final del alumno, se tendrá en cuenta:

- El nivel de consecución de los programas (que quedarán almacenados en el pc) evaluando diversos aspectos: lógica de su programación, orden de las secuencias, presentación.
- Las exposiciones orales grupales sobre los retos propuestos en las actividades, retos inventados por el alumno o en proyectos de libre creación. Deben contener el objetivo original, los obstáculos encontrados en el proceso y cómo se han solucionado, el resultado obtenido y las mejoras que podría aceptar, y deberán responder de forma razonada a las preguntas de profesor y compañeros. Se evaluará si incluye todos estos aspectos así como la comunicación oral y lenguaje, claridad de ideas, presentación y organización del grupo.
- Tests de *co-evaluación* dentro de los miembros del propio grupo (opcional).

5 CONCLUSIONES

Mediante el presente proyecto se han analizado los fines didácticos en el área de las matemáticas que siguen un enfoque competencial, el cual es fruto de las nuevas necesidades de nuestra sociedad y queda reflejado en las legislaciones educativas actuales. Al analizar los objetivos, los criterios de evaluación y los estándares de evaluación de los distintos bloques de contenidos del currículo de matemáticas, el docente se hace una idea de qué significa el enfoque competencial (priorizar la comprensión y el dominio funcional de los números, fomentar el cálculo mental, la estimación, la codificación matemática del problema de forma razonada, etc. en detrimento de realizar operaciones descontextualizadas y el aprendizaje de fórmulas), especialmente si consideramos el bloque de contenidos añadido en la LOMCE titulado *Procesos, métodos y actitudes en matemáticas* que se enfoca especialmente en el desarrollo de estrategias para la resolución de problemas.

Sin embargo, a la hora de encontrar una definición y concreción curricular sobre la competencia matemática nos servimos de Guirles (2008), asesor de Primaria en Berritzegune de Sestao y gran defensor del constructivismo en la enseñanza de matemáticas. Así definimos que los diferentes aspectos que definen esta competencia, cuyo desarrollo son el objetivo fundamental de la propuesta, son: a) la alfabetización matemática, relacionada con comprender el valor de los números, saber cuándo aplicar una operación y la mejor manera de resolverla, así como comprender los procesos y los lenguajes matemáticos; b) las habilidades numéricas y operacionales especialmente enfocadas al cálculo mental, y c) estrategias para la resolución de problemas, siendo esta una parte fundamental del aprendizaje matemático.

Asimismo, se ha realizado un análisis de las herramientas más extendidas para la enseñanza de programación y robótica en Primaria y su potencial en el aula. Scratch y Lego Wedo se sitúan como las más adecuadas, intuitivas y completas para su uso en el aula. Según resultados de iniciativas nacionales e internacionales, son una fuente de recursos didácticos para la aplicación y asimilación de conocimientos que sitúan al alumno ante retos cuyo proceso de resolución desarrolla su competencia matemática.

El diseño y la elaboración de actividades con este tipo de herramientas tecnológicas puede consumir gran cantidad de tiempo al docente, pero facilita en gran medida la consolidación de conocimientos creando contextos significativos para el alumno de forma que incrementa su motivación y predisposición hacia las matemáticas. Durante décadas se han utilizado acertadamente los contextos familiares para el alumno en la resolución de problemas, pero el mundo digital multiplica sus posibilidades presentando retos al programador y al jugador en contextos virtuales motivadores, ya sean cazadores de gemas o pilotos de su propio helicóptero. Estas actividades lúdicas ayudan al alumno a presentar una actitud más positiva y receptiva al aprendizaje asegurando un mayor porcentaje de éxito.

Las actividades con herramientas tecnológicas tales como las propuestas, son un complemento dentro del proceso de e-a, utilizadas para adquirir un concepto o desarrollar una competencia. Serían pues actividades de aplicación que tendrían que ir acompañadas de otras actividades de iniciación, desarrollo, fijación o síntesis. Sin embargo, representan un recurso inigualable para integrar saberes o destrezas. En una misma actividad pueden enfrentarse al dominio del cálculo con números enteros negativos y además trabajar la relación entre fracciones y porcentajes, mientras resolvemos retos lógico-matemáticos de la programación. Por otro lado, también puede interesarnos destinar una sesión completa a una actividad que trabaje un aspecto muy concreto de la competencia matemática. Este es el caso, por ejemplo, de la actividad *Tic-tac reloj* donde la resolución de todo el ejercicio está basada en la codificación matemática de un problema dado: averiguar el uso de operador división al buscar el ángulo de giro para cada aguja.

Finalizando con las apreciaciones obtenidas fruto del diseño de las actividades, podemos valorar muy positivamente el grado de flexibilidad y personalización que nos ofrecen estas herramientas. Permiten que los alumnos vayan a su ritmo dentro de los pasos o retos marcados en la sesión y se apoyan en un clima colaborativo para resolver dudas. Fomentan la tutorización entre los propios alumnos y tienen cabida la proactividad y el trabajo extra para aquellos alumnos más aventajados. Además, las tecnologías propuestas (Scratch y Lego Wedo) les permiten crear programas, compartirlos en la comunidad Scratch y retroalimentarse, lo que les motiva para crear nuevos proyectos. Por tanto, les ayuda a definir sus intereses y conocerse más a sí mismos.

6 CONSIDERACIONES FINALES

Desde hace dos décadas son muchas las investigaciones¹⁹ que avalan el potencial que tiene la programación y la robótica como herramientas educativas: desarrollan estrategias para la resolución de problemas, fomentan el pensamiento lógico-matemático, potencian la creatividad, el trabajo colaborativo, el desarrollo de competencias clave, el aprendizaje transversal. etc. Durante los últimos años las nuevas necesidades de nuestra sociedad y las conclusiones arrojadas por estos estudios han llevado a líderes mundiales y grandes empresas, tales como la vice-presidenta de la Comisión Europea de la Agenda Digital Neelie Kroes o empresas de la talla de Google o Microsoft, a apostar por la enseñanza de la programación y la robótica desde la etapa de primaria. Esta tendencia incipiente está empezando a reflejarse en las legislaciones educativas de nuestro entorno como es el caso de Reino Unido o en algunas de nuestras regiones como es el caso de Madrid o Navarra desde 2014 y 2015, respectivamente. Cabe pensar sin miedo a equivocarse que esta es una tendencia que irá en aumento y lo veremos reflejado en la próxima legislación educativa en España.

¹⁹ Ver sección 3.2

Lo que la legislación actual ya contempla es que los docentes debemos educar a los alumnos para que aprendan a “ser competentes” y no limitarse a recitar contenidos. En el área de matemáticas debemos conseguir unas clases dinámicas y creativas que prioricen más el cálculo mental y el sentido numérico antes que el lastre algorítmico y el aprendizaje de fórmulas. Adoptar la programación gráfica y la robótica como recurso práctico e integrador en el aula se perfila como una estrategia acertada y eficaz para lograr que nuestros alumnos sean competentes matemáticamente.

Gracias a los conocimientos aprendidos durante el Grado de Magisterio de Primaria en la UNIR tenemos una visión amplia sobre cómo ha evolucionado el estilo de enseñanza y podemos profundizar en cómo se materializan las nuevas metodologías en el día a día del aula. La forma académica y tradicional de enseñanza propia de teorías positivistas que presenta al alumno aquello que es el resultado de siglos de evolución científica se ha visto reemplazada por metodologías constructivistas y activas. Las nuevas teorías educativas promueven el aprendizaje significativo y cooperativo donde los alumnos sean los verdaderos protagonistas de su aprendizaje, el cual va construyendo el contenido y modificando sus modelos mentales preexistentes.

Sin embargo, según lo observado en los *Practicum* realizados, llevar esta teoría a la práctica no siempre es posible debido a limitaciones de tiempo, recursos y a unas ratios alumno-aula muy elevados. La experiencia en el día a día del aula te hace ver la dificultad para llevar a la práctica varios elementos teóricos aprendidos, especialmente en cuanto a la enseñanza personalizada y el aprendizaje constructivista. Este estilo de enseñanza tan en boga en la actualidad, aún no desplaza, en absoluto, a la explicación magistral y al aprendizaje memorístico tradicional. La temporización de los contenidos en muchas ocasiones es muy ajustada y fuerza al docente a suprimir actividades de desarrollo, aplicación o experimentación, que son espacios muy necesarios para jugar con el contenido, para relacionar conceptos, para asimilarlos, para aplicarlos en otros contextos, etc.

La presente propuesta, que ofrece recursos sencillos y prácticos acordes a esta metodología constructivista, surgió para paliar parcialmente esta tensión y facilitar la labor del docente de matemáticas.

Creo que debemos convertirnos en educadores inquietos que trabajen cada materia con un enfoque metodológico más acorde con las necesidades educativas, y en educadores flexibles para adoptar novedosas formas y recursos que hacen el proceso de e-a más eficiente.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atmatzidou, S., Markelis, I., Dimitriadis, S. (2008). *The use of LEGO Mindstorms in elementary and secondary education: game as a way of triggering learning*. Workshop Proceedings of SIMPAR 2008 Intl. Conf. on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots, pp. 22 – 30.
- Ayuntamiento de Tres Cantos (2012). *Acerca de Tres Cantos*. Recuperado el 21/06/2016 en <http://www.trescantos.es/web/area-municipal/nuestra-ciudad/item/300071-acerca-de-tres-cantos>
- Carpio, J. A. (2013), *España sigue por debajo de la media de OCDE en Matemáticas, Lectura y Ciencias*. Web de Rtve. Recuperado el 06/03/2017 en: <http://www.rtve.es/noticias/20131203/informe-pisa-espana-2012/809240.shtmlm>
- Carrasco, J.B., (2004), *Una didáctica para hoy: cómo enseñar mejor*, Capítulo 8.3, Logroño: Universidad Internacional de La Rioja.
- Decreto 89/2014, de 24 de julio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el Currículo de la Educación Primaria.
- Decreto Foral 60/2014, de 16 de julio, por el que se establece el currículo de las enseñanzas de Educación Primaria en la Comunidad Foral de Navarra. Recuperado el 06/03/2017 en: <http://goo.gl/5iVWrk>
- Douglas, H. y Swaminahan S. (2012). *Technology and School Change, new lamps for old?* Childhood Education Vol. 71 , Iss. 5,1995 <http://dx.doi.org/10.1080/00094056.1995.10522619>
- EFE (2016, 15 de Marzo). Alumnos de Tres Cantos ganan la fase nacional del concurso First Lego League. *La Vanguardia*. Recuperado de <http://www.trescantos.es/web/area-municipal/nuestra-ciudad/item/300071-acerca-de-tres-cantos>
- English Department for Education (2013). *National curriculum in England: Computing programmes of study – key stages 1 and 2*.
- Giannakos, M., Chorianopoulos, K., & Jaccheri, L. (2012). *Math is not only for science geeks: Design and assessment of a storytelling serious video game*. pp. 418-419. Doi: 10.1109/ICALT.2012.16
- Guirles, J. R. (noviembre, 2008). Competencia Matemática en Primaria. Euskadi: Sigma 32.
- Kroes, N., Vassiliou, A. (2014). Carta de a los responsables de educación de los países miembro. Comisión Europea. Recuperado de http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/dae/document.cfm?doc_id=6597

Larson, E. (2013). Coding the Curriculum: How High Schools Are Reprogramming Their Classes.

Mashable. Recuperado de <http://mashable.com/2013/09/22/coding-curriculum/#zqZD9U3IV0qC>

LOE. *Ley Orgánica de Educación*. 2/2006, de 3 de mayo (2006).

LOMCE. *Ley Orgánica para la mejora de la calidad educativa*. 8/2013 (2013).

López Ramírez, P.A., Andrade Sosa, H. (2013), *Aprendizaje con robótica, algunas experiencias*.

Revista Educación 37(1), 43-63, ISSN: 2215-2644, enero-junio, 2013. Fecha de consulta: 06/03/2017. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/viewFile/10628/10298>

Marín, M., Calvo, M.J., Lirio, J., (2005), *Proyecto Kovalevskaya, Investigación matemático-literaria en el aula de Primaria*, Madrid: Secretaría General Técnica de CIDE.

Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J.R., Quintero, J., Pittí Patiño, K. y Quiel, J. (2012). *La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías*. Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información. 13(2), 74-90. Fecha de consulta: 06/03/2017.

http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/9000/9245

Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.

Resnick M., (2008), *Sembrando las semillas para una sociedad más creativa*, Learning and leading with Tehnology. Fecha de consulta: 06/03/2017. Recuperado en:

<http://web.media.mit.edu/~mres/papers/sowing-seeds-spanish-translation.pdf>

Rodger, S., Bashford, M., Dyck, L., Hayes, J., Liang, L., Nelson, D. et al. (2010). *Enhancing K-12 education with alice programming adventures*. pp. 234-238. doi: 10.1145/1822090.1822156

Robinson, K. (2009). *I foro mundial sobre el talento en la era del conocimiento*. Navarra.

Sepúlveda, A., Medina G., Itzel D. (agosto 2009), *La resolución de problemas y el uso de tareas en la enseñanza de las matemáticas*, vol.21 no.2 México.

Instituto Nacional de Información Educativa (Abril 2014) *Presentación de los resultados de España y la OCDE del Informe PISA Resolución de Problemas*. Recuperado el 06/03/2017 en: <http://blog.educalab.es/inee/2014/04/03/presentacion-de-los-resultados-de-espana-y-la-ocde-del-informe-pisa-resolucion-de-problemas/>

La robótica, programación e impresión 3D, impulsarán el futuro profesional (2016, 9 de diciembre). *Intereconomía.com. Diario digital*.

Zavala, S. (2009). Guía a la redacción en el estilo APA, 6ta edición. Lima: Recuperado de

http://www.ubu.es/sites/default/files/portal_page/files/guia_estilo_apa.pdf

ANEXOS

ANEXO A. TEST DE CONOCIMIENTOS PREVIOS DE PROGRAMACION Y CONSTRUCCIÓN DE ROBOTS

Alumno:

Clase:

Grupo:

Programar en Scratch:

Sé lo que significa programar			
Identifico las condiciones iniciales y sus valores			
Muevo objetos/personajes por pantalla en ambos ejes			
Sé usar condiciones cuando se interactúa con colores y objetos			
Sé mostrar o esconder objetos en función de unas condiciones			
Sé utilizar el envío de mensajes			
Sé utilizar condiciones y bucles de repetición			
Sé qué es una variable y para qué sirve			

Construir con Lego Wedo:

A reconocer las partes de un robot			
A identificar los tipos de ejes			
Los usos y aplicaciones de los tipos de ejes			
Los usos y aplicaciones de las palancas			
Los usos y aplicaciones de las poleas			
Qué pasa cuando se combinan poleas			
Los usos y aplicaciones de engranajes y coronas			
Sé conectar al PC los dispositivos electrónicos del kit			
Sé ver desde Scratch los valores que envían los sensores			
Sé utilizar los valores de los sensores de distancia e inclinación			
Sé activar /desactivar el motor			
Sé variar la potencia del motor			

ANEXO B. AUTOEVALUACIÓN DEL ALUMNO

B1. Autoevaluación de contenidos y habilidades (Obj. Didácticos 1 y 2)

Alumno:

Clase:

Grupo:

Actividad	Sobre los contenidos y habilidades:			
<i>Gem game</i>	Sé qué número entero introducir para atrapar las gemas			
	No tengo problemas con los números negativos en cada uno de los 3 retos			
	Sé estimar con precisión el desplazamiento para cazar la gema			
	Sé re-programar el movimiento del personaje atrapagemas para que se desplace, por ejemplo, el doble de lo que pide el usuario			
<i>A la caza de números</i>	Sé obtener los múltiplos del número 2			
	Sé obtener los múltiplos del número 3			
	Sé obtener los 20 primeros números primos			
	Sé calcular mentalmente si un número es divisible por 2.			
	Sé calcular mentalmente si un número es divisible por 3.			
	Sé modificar la puntuación si dos objetos se tocan			
<i>Dibujando polígonos</i>	Sé qué tienen en común todos los polígonos regulares			
	Sé programar el dibujo de un rectángulo			
	Sé programar el dibujo de un pentágono o hexágono			
	Entiendo que es la simetría respecto a un eje			
	Sé programar el dibujo de una figura y una forma proporcional aumentada o reducida			
<i>Tic-tac reloj</i>	Sé qué es el sistema sexagesimal			
	Sé cuántos segundos tiene un minuto y cuántos minutos tiene una hora, y sé pasar de unos a otros.			
	Sé calcular el ángulo de giro del segundero en reloj analógico			
	Sé calcular el ángulo de giro del minutero en reloj analógico			
	Sé calcular el ángulo de giro de las horas en reloj analógico			
	Sé modificar el tiempo para que vaya más deprisa o más despacio			
<i>Pilotando un helicóptero</i>	Se describir cómo se transfiere el movimiento del motor a las hélices			
	Entiendo la diferencia entre engranaje y corona, y por qué la corona es imprescindible en la construcción del helicóptero			
	Sé mostrar por pantalla la altura de mi helicóptero			
	Sé qué cálculos tengo que realizar para detectar la zona de peligro			
	Calculo con los operadores de Scratch para detectar si estoy en zona de peligro			
	Sé accionar la correcta potencia del motor según las cuatro franjas de altura.			
	Entiendo la relación entre los sectores y los porcentajes de potencia de motor			
<i>Ascensor</i>	Sé simplificar el problema en retos más pequeños			
	Se describir los pasos secuenciales a seguir para programar ascensor y personaje			
	Sé utilizar variables para almacenar datos importantes			
	Entiendo el uso del operador resta para saber cómo ha de desplazarse el ascensor del videojuego y el real			

Observaciones:

B2. Autoevaluación de estrategias para la resolución de problemas y actitudes (Obj. Didácticos 3 y 4)

Estrategias para pensar:

Me paro a pensar sobre el problema			
Identifico el objetivo final y divido el problema en una serie de retos más simples			
Elaboro esquemas y dibujos que me clarifican las ideas			
Reviso las operaciones realizadas			
Pienso si la solución obtenida tiene sentido, hago predicciones sobre lo que va a pasar si programo dicha solución			
Mejoro el programa haciendo pruebas de ensayo y error			
Me enfado / me frustro si no me sale, me bloqueo y no busco ayuda			
Intento buscar soluciones alternativas si me atasco			
Juego con funciones del programa que desconozco, exploró siguiendo mi intuición			

Observaciones:

B3. Autoevaluación de trabajo en equipo (Obj. Didáctico 5)

Y en mi equipo he aprendido:

A compartir y aportar, en orden, muchas ideas			
A comunicar y explicar a mis compañeros mis montajes/programas			
A guardar silencio para escuchar a mis compañeros/profesor			
A seguir el ritmo de la clase (escucho la explicación, hago el paso a paso...)			
Durante la actividad, a mantenerme en mi sitio, junto a mi equipo			
A respetar mi turno de montaje/programación y rol			
A ayudar a mis compañeros cuando tienen dudas			
A dejarme ayudar cuando tengo dudas			
A contar las piezas y mantener el kit ordenado			
A apagar los ordenadores y monitores			
A dejar la clase en orden (sillas, mesas...)			
A respetar a mis compañeros (no empujo, no insulto, no digo palabrotas...)			
A cuidar el material de la clase (los kits, mesas y sillas, pinturas, murales...)			

Observaciones:

ANEXO C. RÚBRICA DE EVALUACIÓN

ACTIVIDAD ²⁰	Alfabetización matemática y habilidades numéricas y operacionales (Objetivo 1 y 2)	Estrategias de resolución de problemas (Objetivo 3)		
<i>Gem game</i>	[] Utiliza los números negativos de forma adecuada en cada una de las tres rectas.	[] Realiza adecuadamente las operaciones de suma y resta con números enteros para estimar la posición de personaje.	[] Muestra una correcta comprensión de la subdivisión del eje y en múltiplos de 20 al saber manipular el desplazamiento de nadador en los últimos retos.	[] Reflexiona sobre el proceso aplicado a la resolución de problemas: revisando las operaciones utilizadas, las unidades de los resultados,
<i>A la caza de números</i>	[] Investiga los conceptos de múltiplo, divisor, número primo. Reflexiona y aplica los conocimientos para diseñar cada juego.	[] Calcula los múltiplos y divisores de un número dado.	[] Infiere o investiga los criterios de divisibilidad del 2 y 3.	comprobando e interpretando las soluciones en el contexto, buscando otras formas de resolverlo
<i>Dibujando Polígonos</i>	[] Utiliza herramientas tecnológicas para la construcción y exploración de formas geométricas.	[] Identifica y nombra polígonos atendiendo al número de lados. [] Resuelve problemas realizando cálculos con medidas angulares.	[] Traza una figura plana simétrica de otra respecto de un eje. [] Realiza ampliaciones y reducciones.	[] Resuelve los retos empleando la investigación propia, el razonamiento, la búsqueda de relaciones, construyendo, probando, tomando decisiones,
<i>Tic-tac reloj</i>	[] Conoce y utiliza las unidades de medida del tiempo y sus relaciones. Segundo, minuto, hora.	[] Conocer el sistema sexagesimal para realizar cálculos con medidas angulares. Identifica el ángulo como medida de un giro o abertura.	[] Realiza equivalencias y transformaciones entre horas, minutos y segundos. Lee en relojes analógicos.	valorando las consecuencias de las mismas y la conveniencia de su utilización.
<i>Pilotando un helicóptero</i>	[] Establece la correspondencia entre fracciones sencillas y porcentajes.	[] Realiza sumas y restas de fracciones con el mismo denominador.	[] Calcula porcentajes de una cantidad.	

²⁰ Cada aspecto de la rúbrica se evalúa mediante la siguiente graduación: A. Excelente, B. Satisfactorio, C. Suficiente o D. Insuficiente

<i>Ascensor</i>	<p>[] Realiza adecuadamente las operaciones de suma y resta con números enteros para estimar posiciones.</p>	<p>[] Codifica matemáticamente utilizando las operaciones adecuadas en cada reto.</p>	<p>[] Aplica las soluciones del cálculo (en especial los números negativos) a la resolución adecuada del problema.</p>
-----------------	---	--	---