



**FACULTAD DE
INFORMÁTICA**



Universidad de Murcia

Facultad de Informática

Grado en Ingeniería en Informática

Trabajo Fin de Grado

Integración de un modulo de simulación de robot en el proyecto Descubre

Autor

Alberto López Sánchez

Dirigido por

Juan Antonio Sánchez Laguna

Febrero 2016

Resumen

Extended Abstract

Índice general

Resumen	3
Extended Abstract	5
Índice	8
Lista de figuras	9
Lista de tablas	11
1. Introducción	1
1.1. Situación actual	2
1.2. Usando la electrónica y la robótica para enseñar a programar	3
1.3. Proyecto Descubre la programación	4
1.4. Motivación y enfoque del proyecto	7
2. Estado del arte	11
2.1. Los orígenes: lenguaje Logo y robot Turtle	11
2.2. Khan Academy	14
2.3. Code.org	14
2.4. Squeak Etoys	14
2.5. Blockly y Scratch	14
3. Análisis de objetivos y metodología	15
3.1. Objetivos	15
3.2. Metodología	15
4. Diseño y resolución del trabajo realizado	17
5. Conclusiones y vías futuras	19
A. Edad escolar en diferentes Sistemas Educativos	21

B. Lenguaje Logo. Un resumen	23
Bibliografía	28
Glosario	29
Acrónimos	31

Índice de figuras

1.1. Mapa de visualización de eventos de llevados a cabo por el proyecto <i>Hora del código</i> alrededor del mundo. Actualmente 198,473 en todo el mundo, 1,839 en España. Obtenido de [8].	3
1.2. Sección <i>Crea</i> del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].	5
1.3. Sección <i>Explora</i> del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].	6
1.4. Sección <i>Aprende</i> del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].	6
1.5. Sección <i>Retos</i> del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].	6
1.6. Vista del perfil de usuario del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].	7
1.7. Sección de estadísticas del usuario del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].	7
1.8. Salida del programa escrito en iJava ejecutado por el código 1.3. . . .	8
2.1. Movimiento de Turtle en forma de cuadrado utilizando únicamente sus instrucciones básicas <code>forward</code> y <code>right</code> . Obtenido de [20]. . . .	13
2.2. Cuadrado dibujado por el robot Turtle. Obtenido de [20].	14
2.3. Flor dibujada por el robot Turle. Obtenido de [20].	14
A.1. Tabla que muestra los típicos patrones de progresión en el Sistema Educativo Americano. Fuente: U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics, Annual Reports Program. Obtenido de http://nces.ed.gov/programs/digest/d11/figures/fig_01.asp	22

Índice de cuadros

2.1. Tabla que muestra los resultados obtenidos en el ITBS por los alumnos que aprendieron a programar (denominado <i>computer</i>) y el grupo de control. Obtenido de [29].	12
A.1. Comparativa de edades de escolarización en diferentes Sistemas Educativos con respecto a las etapas del Sistema Educativo Español. . . .	21
B.1. Tabla que muestra el funcionamiento de los operadores en el lenguaje Logo a través de ejemplos.	24

Capítulo 1

Introducción

Como dice M. Lemaire[32], en una sociedad que está incrementando su dependencia a las nuevas tecnologías¹, es imprescindible que las nuevas generaciones desarrollen la habilidad de pensar de manera crítica sobre tecnología.

El *pensamiento computacional*, como se refiere A. Bundy en [22], afecta a investigaciones de casi todas las disciplinas, tanto de ciencias como de humanidades. [...] La informática no solo ha permitido que los investigadores puedan hacer nuevas preguntas, sino también ha permitido aceptar nuevos tipos de respuesta. Por ejemplo, preguntas que requieren el procesamiento de una gran cantidad de datos.

Es necesario comprender la informática y desarrollar el *pensamiento computacional*. Se necesitan desarrollar nuevas tecnologías, nuevo Hardware y Software que automatice tareas largas, complejas y con una alta cantidad de cómputo. Tareas que no siempre los humanos podemos resolver de manera directa. Para conseguir esto, muchas veces es necesario programar.

Pero aprender a programar es mencionado como uno de los 7 grandes retos de la educación informática [36] y diversos estudios [39] muestran que las principales dificultades para un alumno cuando está en el proceso de aprender a programar son (a) como empezar un programa; (b) comprensión de la sintaxis específica del lenguaje de programación; (c) comprensión de la lógica² y (d) problemas a la hora de depurar el código escrito.

Aunque a primera vista aprender a programar pueda parecer una tarea ardua y compleja, tiene sus ventajas. En el estudio realizado por J. Siegmund y otros en [41], podemos ver como los participantes mientras comprendían, analizaban y buscaban errores en pequeños trozos de código, daban claras muestras de estar desarrollando actividad cerebral en regiones del cerebro relacionadas con el procesado del lenguaje,

¹Aquí, con nuevas tecnologías me refiero a productos y proyectos derivados de la Informática y las Tecnologías de la Información y la Comunicaciones (TIC) como puede ser los proyectos que detallamos en la sección 2.

²En este caso me refiero a lógica booleana, o también llamada Álgebra de Boole.

la atención y la memoria de trabajo.

De la misma manera, estudios realizados en niños [23] de entre 6 y 8 años, muestran que estos demostraron mayor capacidad de atención, más autonomía y un mayor placer por el descubrimiento de nuevos conceptos. En la misma línea, un estudio en niños de infantil [27] que utilizaban el Lenguaje Logo demostró que los mismos obtuvieron mejores resultados en pruebas de razonamiento, matemáticas o resolución de problemas. Otro estudio más reciente [33] demuestra que aprender a programar (independientemente del lenguaje) a una corta edad, potencia la creatividad y la habilidad de aprendizaje.

1.1. Situación actual

Actualmente existen muchos proyectos con el fin de introducir la programación como asignatura obligatoria en Educación Primaria y Secundaria³. Estos proyectos vienen respaldados por importantes cambios en los planes de estudios de todo el mundo para enseñar programación[26, 35, 16, 30, 21], marcando una clara tendencia social de incluir la programación en los currículos académicos.

Uno de los proyectos más importantes y con más repercusión a nivel global es Code.org[12]. Propone una serie de herramientas y juegos diseñados especialmente para que los niños aprendan programación mientras juegan con sus personajes favoritos de películas y videojuegos. Todo ello acompañado de una infraestructura para que profesores puedan incluir estos proyectos en las aulas, y padres en sus casas. Su proyecto *Hora del código*[8] consigue reunir a niños de todas las edades una hora al día para que la inviertan en programar. Code.org cuenta con decenas de millones de estudiantes de más de 180 países, disponible en más de 30 idiomas. De manera gratuita, cualquiera puede aprender a programar en eventos que se realizan por todo el mundo (figura 1.1). Code.org está apoyado por grandes compañías y personalidades a nivel global como puede ser Microsoft, Google, el Presidente Barack Obama, Mark Zuckerberg, Bill Gates o Walt Disney Company. En la sección 2.3 se abordará más detalladamente las diferentes formas que tiene Code.org de enseñar a programar.

A nivel europeo, la Comisión Europea[24] ha promovido durante el año 2015 la *EU Code Week*[19] como parte de su Estrategia para la Educación y la Formación 2020. Este proyecto consistió en eventos de una semana de duración en la que se enseñaba informática y programación en lugares de toda Europa⁴.

³En este documento se hablará a menudo de alumnos de Educación Primaria, Secundaria o Bachillerato pero no siempre referido al sistema educativo español. Cada país tiene un sistema educativo diferente que varía la edad de escolarización de los alumnos. Por generalizar, se tomará la edad y cursos escolares como referencia cuando se hable de Educación Primaria, Secundaria o Bachillerato. En el Apéndice A se profundiza más en la diferencia de edad en los principales Sistemas Educativos que pueden ser referenciados, directa o indirectamente, en el presente documento.

⁴En España, se realizaron eventos dentro del marco del proyecto *EU Code Week* en Madrid,

1.2. USANDO LA ELECTRÓNICA Y LA ROBÓTICA PARA ENSEÑAR A PROGRAMAR³

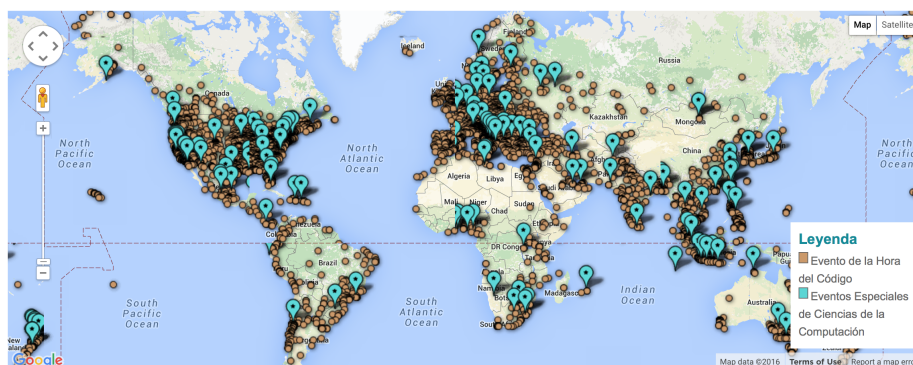


Figura 1.1: Mapa de visualización de eventos de llevados a cabo por el proyecto *Hora del código* alrededor del mundo. Actualmente 198,473 en todo el mundo, 1,839 en España. Obtenido de [8].

1.2. Usando la electrónica y la robótica para enseñar a programar

Una forma bastante extendida para enseñar a programar en las aulas es con robótica y electrónica. Muchos proyectos de robótica animan al alumno a formarse en dos grandes materias: electrónica y programación. Cuando un estudiante tiene que hacer que un robot se mueva, tendrá que aprender a programar su comportamiento, pero también deberá conocer y en algunos casos incluso crear nuevas piezas para su correcto funcionamiento y personalización.

Existen proyectos como Arduino⁵[15] y Raspberry Pi⁶[5] que proporciona **los elementos y materiales** básicos para poder crear nuevos proyectos.

En concreto, una de las meta originales de Raspberry Pi es conseguir que los niños aprendan a programar y conozcan como funciona realmente un ordenador. Tanto Arduino como Raspberry Pi pueden adquirirse a un bajo precio, lo cual facilita la adquisición de los mismos por parte de instituciones de enseñanza o particulares. Esto ha facilitado la alta inclusión de estos dos proyectos en las aulas.

Otro proyecto que también está muy extendido en las aulas Lego Mindstorm EV3

Sevilla, Murcia, Asturias, Canarias, Cantabria, Zamora, Cataluña, Ceuta, Badajoz, La Rioja, País Vasco y Valencia.

⁵Arduino es una placa base con un microprocesador que es capaz de analizar entradas de información (un sensor, un botón o incluso una notificación de Twitter (www.twitter.com) y convertirlo en una respuesta como el activar un robot o encender un led. Todo esto acompañado de un software facil de programar. El proyecto es completamente *Open Source*.

⁶Raspberry Pi es un ordenador del tamaño de una tarjeta de crédito. También se provee un Sistema Operativo *Open Source* (aunque este puede ser cambiado). Su funcionamiento es sencillo de programar en Scratch[9] o Python[7, 34].

y NXT. Dos kits de iniciación a la robótica con Lego. Permite al estudiante crear con piezas de lego un robot y programar su comportamiento. Los robots suelen tomar forma de brazo robótico o de vehículo capaz de seguir líneas pintadas en el suelo haciendo uso de sensores. Todo esto viene también acompañado de un software para programar el comportamiento de los diferentes componentes del robot.

Esto es suficiente? No se si debería ponerme a hablar de Moway y robomind y todo eso si ya en el estado del arte se hablará ampliamente de eso...

1.3. Proyecto Descubre la programación

Descubre la programación[17] es un proyecto diseñado en la Facultad de Informática de la Universidad de Murcia y tiene como objetivo ayudar a los alumnos de Secundaria y Bachillerato a que desarrollen sus capacidades descubriendo lo que es la informática y aprendiendo a programar. Así como fomentar la inclusión del aprendizaje de la programación en secundaria y bachillerato.

Para ello, en un mismo sitio web, se integra (a) un conjunto de tutoriales de programación (figura 1.4); (b) una herramienta que permite programar (figura 1.2) y realizar ejercicios o retos propuestos (figura 1.5) y (c) una pequeña red social que permite publicar y compartir con el resto de compañeros los programas realizados (figura 1.3). Adicionalmente se puede consultar las estadísticas de aprendizaje (figura 1.6) y tiempo dedicado (figura 1.7) en la plataforma, tanto por el alumno como por el profesor. De esta manera se permite que los profesores puedan utilizar Descubre en las aulas y realizar un seguimiento de la dedicación y progreso del alumno.

En cuanto a la herramienta para desarrollar programas, el lenguaje utilizado es iJava[40] y ha sido desarrollado por J. A. Sánchez Laguna. iJava es un lenguaje imperativo basado en Java y comparte su sintaxis, aunque se han eliminado todos los componentes del lenguaje Orientado a Objetos. También incorpora un conjunto reducido de funciones de librería clasificadas en los tres grupos siguientes: numéricas, entrada/salida y gráficas⁷.

A modo de ilustración, podemos ver el código 1.3, un programa que imprime por pantalla la cadena "Hello World.". En el código 1.3 podemos ver un programa un poco más complejo que dibuja círculos de colores en la pantalla según la posición del ratón. En la figura 1.8 se puede ver la salida de este último programa.

```
1 void main() {  
    print("Hello World.");  
3 }
```

Código 1.1: Programa básico en iJava imprimiendo por pantalla la cadena "Hello

⁷Si el lector está interesado en aprender más sobre este lenguaje, puede consultar [40] o [18].

World.”.

```

1 void main() {
    //repetimos en bucle la funci n 'draw'
3   animate(draw);
  }
5
6 void draw() {
7   //coloreamos el circulo seg n la posici n del raton
   fill(mouseX, mouseY, 0); //valores RGB
9   //dibujamos una elipse con radio 50
   ellipse(mouseX, mouseY, 50,50);
11 }

```

Código 1.2: Programa en iJava que dibuja un círculo de un color diferente según la posición en la pantalla en la que se encuentra el ratón.

La sintaxis de iJava se parece a muchos de los lenguajes modernos y más utilizados (al ser un subconjunto de la sintaxis de Java), lo cual simplifica el aprendizaje cuando se intenta aprender un nuevo lenguaje. También, gracias a la librería gráfica y matemática, los programas se simplifican mucho en cuanto a complejidad y longitud. De esta manera se consigue aligerar la carga de trabajo que tiene que realizar el alumno para conseguir hacer un programa vistoso, haciendo que la actividad de programar sea más atractiva.

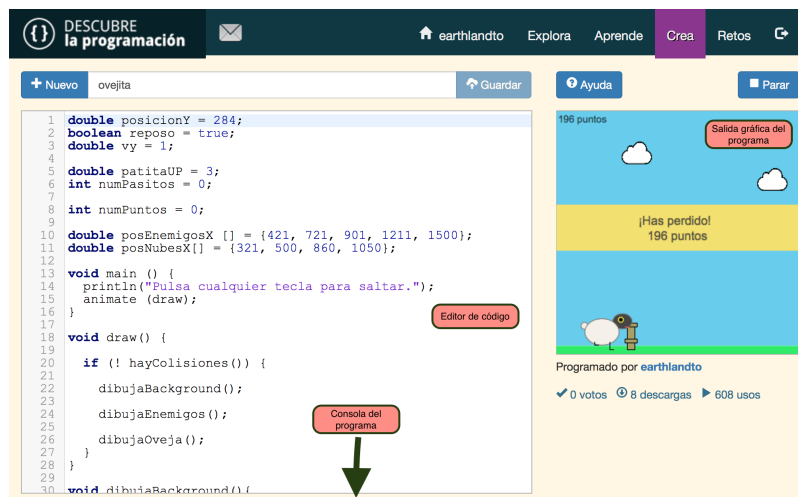


Figura 1.2: Sección *Crea* del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].

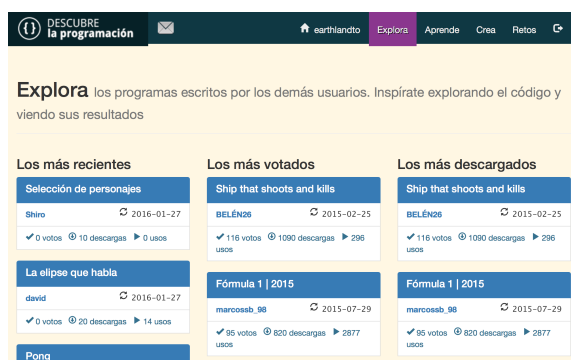


Figura 1.3: Sección *Explora* del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].

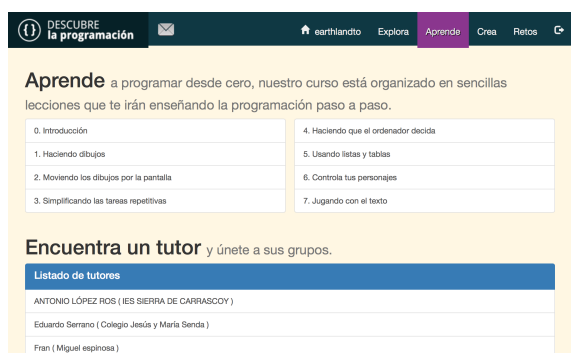


Figura 1.4: Sección *Aprende* del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].



Figura 1.5: Sección *Retos* del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].

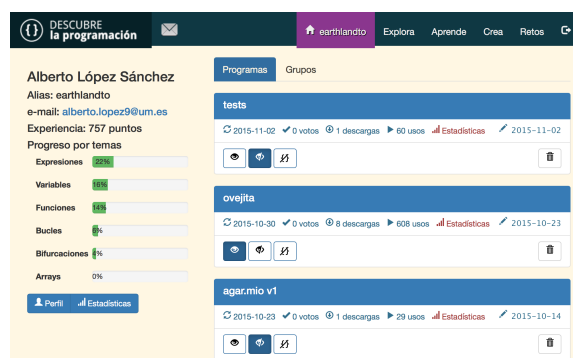


Figura 1.6: Vista del perfil de usuario del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].

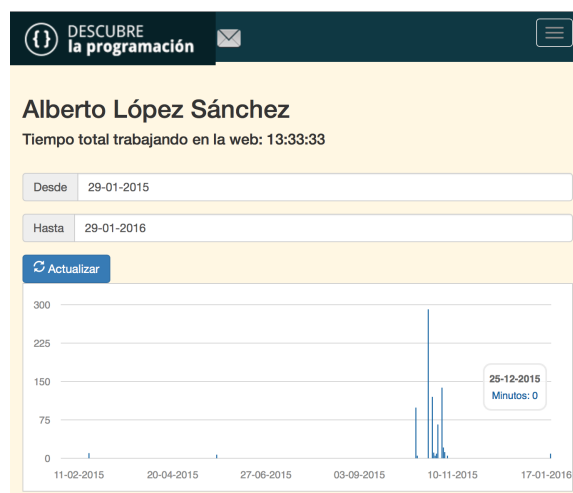


Figura 1.7: Sección de estadísticas del usuario del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [17].

1.4. Motivación y enfoque del proyecto

Las nuevas tecnologías están haciendo que cada vez más gente de todas las edades se interese por la informática, y más concretamente por la programación. Poco a poco la informática deja de ser cosa de un grupo selecto **de gente que entiende su funcionamiento**.

Como ya hemos comentado anteriormente, existe un movimiento que pretende introducir la informática y la programación en las aulas. Se han demostrado los beneficios de enseñar a programar en una edad escolar temprana.

Es en este momento cuando se hace imprescindible tomar decisiones acertadas. Aprender a programar en edades pre-universitaria debe ser algo accesible a cualquier

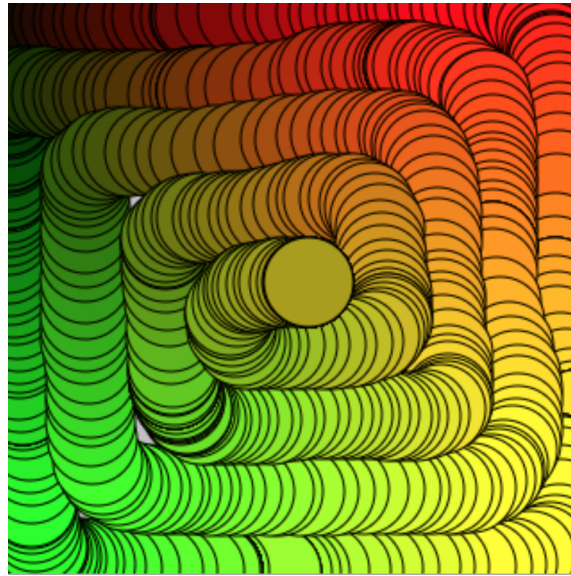


Figura 1.8: Salida del programa escrito en iJava ejecutado por el código 1.3.

estudiante, independiente de su condición o los antecedentes del mismo. Igualmente, los conceptos de programación deben ser presentados de manera, incremental, empezando por los más simples para luego ampliar a conceptos más complejos, como defiende L. Fernandez y otros en [28].

El proyecto se enfocará desarrollando un simulador de robot de dos ruedas en el que los alumnos puedan programar su comportamiento. Se ofrece una librería de funciones para simplificar la interacción con el mismo y conseguir cierta funcionalidad extra que simplifique la tarea de comprensión y usabilidad del simulador.

El simulador se integrará en la plataforma Descubre la programación, mencionada en la sección 1.3. Esto supone que el estudiante programará el comportamiento del robot simulado en iJava. El robot estará dentro de un circuito con distintos elementos con los que podrá interactuar. Asimismo, el robot dispondrá de una serie de sensores para poder recibir información del mundo que le rodea.

Al incluir el simulador como un módulo de descubrir, se pretende reforzar el esfuerzo por parte de sus creadores de hacer llegar la programación al mayor número de estudiantes pre-universitarios posible, proponiendo una alternativa atractiva y que añade una componente más de entretenimiento a la actividad de programar. Por otra parte, permite que el alumno asimile conceptos de robótica de manera transparente. Al una plataforma de libre acceso, también elimina la barrera que puede suponer realizar una inversión en material electrónico como puede ocurrir con Arduino, Raspberry Pi o Lego.

Igualmente, los estudiantes que ya están usando la plataforma Descubre, podrán

trabajar los conceptos de programación (bucles, condiciones, variables y funciones, entre otros) en un entorno diferente, renovando así su interés en otra actividad diferente y aprender jugando.

En las secciones siguientes se hablará de cuales son las alternativas ya creadas que trabajan en esta línea. También se verá como se ha desarrollado la idea principal y que resultados se han obtenido. Por último, se analizarán los objetivos conseguidos y que ofrece mi propuesta de diferente con los proyectos ya desarrollados.

Capítulo 2

Estado del arte

A nivel global y desde hace varias décadas, existe una gran cantidad de proyectos con la única intención de enseñar, a alumnos de Educación Primaria, Secundaria y Bachillerato, diferentes aspectos de la informática como lo es la programación [11, 12, 3], la robótica [1, 2] e incluso electrónica (con Arduino[15]). Algunos de estos proyectos llevan décadas activos, como lo es el lenguaje Lenguaje Logo[14] y su proyecto Turtle[20]. La mayoría de estos proyectos promueven una enseñanza independiente y autodidacta bajo un entorno on-line y gratuito. De esta manera, el alumno puede aprender a su propio ritmo y desde cualquier parte del mundo.

2.1. Los orígenes: lenguaje Logo y robot Turtle

El lenguaje Logo, basado en Lisp, fue diseñado como una herramienta para aprendizaje. Todas sus características -interactividad, modularidad, extensibilidad, flexibilidad en los tipos de datos- persiguen esta meta. El lenguaje Logo fue uno de los primeros proyectos en emprender la difícil tarea de enseñar a programar a niños de Primaria.

Como se explica en la página oficial del proyecto Logo[14], durante la década de los 70, en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y diferentes centros de investigación europeos, se llevaron a cabo investigaciones sobre el uso del Lenguaje Logo en pequeños grupos de alumnos de Educación Primaria.

A pesar de los diversos estudios que se han realizado a lo largo de los años, no se han conseguido obtener unos resultados claros sobre la posible ventaja de enseñar a programar a niños de Primaria con Logo. En [29], Feurzeig y otros consiguen una leve mejoría en la nota obtenida en el Test de Habilidades Básicas de Iowa (Iowa Test of Basic Skills, o ITBS)¹. En la tabla 2.1 se puede ver como la nota global del

¹El Iowa Test of Basic Skills (ITBS), es un test que se realiza anualmente siguiendo una serie de estándares a nivel de estado para medir el rendimiento académico de los alumnos.

grupo que aprende a programar (denominado *computer*) es de 114 puntos más que el curso anterior, mientras que la obtención del grupo de control es solo de 6 puntos. Aún así, se puede ver como la nota del grupo de control sigue siendo mayor que la del grupo *computer*. Ante éste hecho, Feurzeig concluye que el grupo de control no representaba muy bien al grupo *computer* y que, por tanto, la comparación perdía validez. Más tarde, Pea y Kurland en [38] concluyen que, tras el estudio en dos cursos separados de alumnos, aprender a programar no conseguía mostrar ningún beneficio claro en el rendimiento de los alumnos en comparación al grupo de control. Poco más tarde, Moss [37] obtiene evidencias de la relación en el aprendizaje de Logo con el desarrollo de conceptos primitivos que más adelante se enlazarían con la álgebra básica.

Number of Correct Answers in ITBS			
		Range for Individual Students	Grand Total
7th Grade (1968)	(Computer)	166 - 298	2896
	(Control)	214 - 371	3174
8th Grade (1969)	(Computer)	144 - 305	3010
	(Control)	209 - 382	3180

Cuadro 2.1: Tabla que muestra los resultados obtenidos en el ITBS por los alumnos que aprendieron a programar (denominado *computer*) y el grupo de control. Obtenido de [29].

El proyecto *Turtle* es el proyecto más popular del lenguaje Logo. Nació como una criatura robótica que se movía por el suelo y se podía programar solo con 2 instrucciones básicas: `forward x` y `right y`, para avanzar x *pasos de tortuga* o girar y grados hacia la derecha, respectivamente.

Combinando estas dos instrucciones de lo más simples, nuestro robot Turtle puede realizar cualquier movimiento más complejo, como podemos ver en la figura 2.1.

(J.A.): Aquí podrías hacer una descripción del lenguaje y sus características para luego comparar con otra alternativa. Pero no pongas un par de ejemplos en los que, además [...] (hablando de cuanto profundizar) Sólo si luego necesitas comparar esas características con las de otro lenguaje, si no no aportaría mucho.

Para ilustrar brevemente el lenguaje Logo junto con el robot Turtle, vamos a mostrar como se dibujaría una figura que guarda cierto parecido a una flor. En el código 2.1, creamos una función `square` que dibuja un cuadrado de tamaño 50 (*pasos de tortuga*), como podemos ver en la figura 2.2

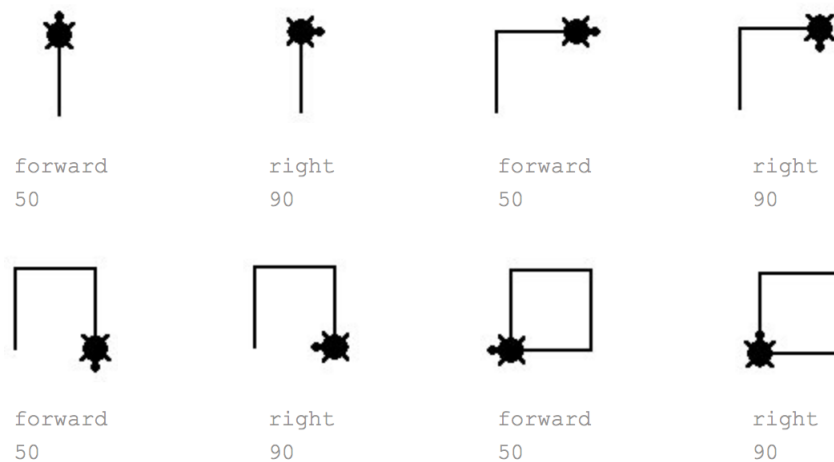


Figura 2.1: Movimiento de Turtle en forma de cuadrado utilizando únicamente sus instrucciones básicas `forward` y `right`. Obtenido de [20].

```

1  to square
   repeat 4 [forward 50 right 90]
3  end

```

Código 2.1: Definición de una función `square` en el Lenguaje Logo consiguiendo que el robot Turtle dibuje un cuadrado. Obtenido de [20].

Y a continuación definimos una función `flower` (código 2.1) que utiliza la función `square` y que dibujará una figura similar a una flor, como se aprecia en la figura 2.3.

```

1  to flower
   repeat 36 [right 10 square]
3  end

```

Código 2.2: Definición de una función `flower` en el Lenguaje Logo consiguiendo que el robot Turtle dibuje una figura con forma floral. Obtenido de [20].

El proyecto Turtle ha sido reproducido y modernizado en proyectos más recientes como Turtle Academy [6], el cual utiliza Scratch[9] para dibujar en la pantalla.

(J.A.): ¿Comentarás algo de robomind o codehs que también son descendientes directos de lego? lo bueno es que el primero te hace enfocar la idea de la tortuga hacia un robot más realista, la segunda que lleva el aprendizaje a entorno web y tecnologías javascript. Todo esto te abre temas para seguir escribiendo el trabajo. Recuerda que sabes más de lo que crees y has hecho más de lo que piensas.

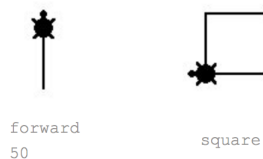


Figura 2.2: Cuadrado dibujado por el robot Turtle. Obtenido de [20].

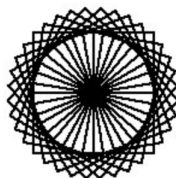


Figura 2.3: Flor dibujada por el robot Turtle. Obtenido de [20].

2.2. Khan Academy

Khan Academy[13], con casi 37 millones de usuarios, es uno de los mayores proyectos web para aprender casi de cualquier tema: Matemáticas, estadística, economía o humanidades.

2.3. Code.org

Code.org[12] es una plataforma on-line que se dedica exclusivamente a enseñar a programar y cuenta ya con más de 8 millones de usuarios. Cuenta con una gran comunidad de educadores y apoyos entre los que se puede contar al Presidente B. H. Obama. Lleva a cabo proyectos como *Hour of Code* en el que promueve que los usuarios inviertan una hora diaria programando en diferentes juegos, muchos de ellos utilizando [4].

2.4. Squeak Etoys

2.5. Blockly y Scratch

Capítulo 3

Análisis de objetivos y metodología

3.1. Objetivos

Este Trabajo Fin de Grado consiste en desarrollar un módulo de simulación de un robot para integrarlo en la plataforma Descubre la programación. Para ello se tendrán que cubrir una serie de subobjetivos que nombraremos a continuación.

- Estudiar el uso y aplicación de diferentes librerías de físicas para generar el robot.
- Comprensión de la plataforma Descubre así como su posterior modificación.
- Creación de un simulador de un robot de dos ruedas y su integración en la plataforma Descubre.
- Modificación del motor de iJava y creación de la API para poder controlar el robot.

3.2. Metodología

Que metodología he seguido? Extreme programming
Hablar de herramientas utilizadas?

Capítulo 4

Diseño y resolución del trabajo realizado

Decidir que poner, como, en que orden.

Capítulo 5

Conclusiones y vías futuras

explicar en que se diferencia robode con el resto y porque es mejor o que ventajas tiene explicar como resuelvo los problemas que se encuentra un estudiante cuando programa (intro-3º parrafo)

Apéndice A

Edad escolar en diferentes Sistemas Educativos

Incluso en la Unión Europea, los Sistemas Educativos difieren en la edad de escolarización de los estudiantes. Por ello, se ha confeccionado una tabla que intenta resumir la edad estándar en la que un niño está escolarizado durante las distintas etapas educativas¹. La información está basado en [42].

Se tomará como referencia las etapas del Sistema Educativo Español para mostrar los años que pasan los estudiantes. Con respecto a la selección de países para realizar la comparación, se escogen los más representativos en los que se han realizado los estudios sobre el aprendizaje de la programación y donde más extendido están las plataformas que se mencionan en el presente documento.

<i>País</i>	Infantil	Primaria	Secundaria	Bachillerato
<i>España</i>	0-6	6-12	12-16	16-18
<i>Estados Unidos</i>	3-6	6-10	10-14	14-18
<i>Reino Unido</i>	2-5	5-11	11-16	16-18
<i>Alemania</i>	0-6	6-10	10-16	16-19
<i>Francia</i>	2-6	6-11	11-16	16-18
<i>Bélgica</i>	0-2.5/3	2.5/3-6	6-12	12-18
<i>Irlanda</i>	4-6	6-12	12-15	15-19

Cuadro A.1: Comparativa de edades de escolarización en diferentes Sistemas Educativos con respecto a las etapas del Sistema Educativo Español.

En el caso del Sistema Educativo Americano, existen muchas vías en la formación de un niño, como bien detalla A. Corsi-Bunker en[25]. Dependiendo de si se escoge

¹Se hablará de las etapas en las que el Sistema Educativo referido está bajo la responsabilidad del Ministerio de Educación (o equivalente) del propio país. Esto no excluye a la educación en centros privados.

22APÉNDICE A. EDAD ESCOLAR EN DIFERENTES SISTEMAS EDUCATIVOS

una vía privada o dependiendo del estado, los años pueden variar. Aún así, en la tabla A.1 se muestra el modelo estándar (sistema K-12). En la figura A.1 se puede ver más en detalle esta diferencia.

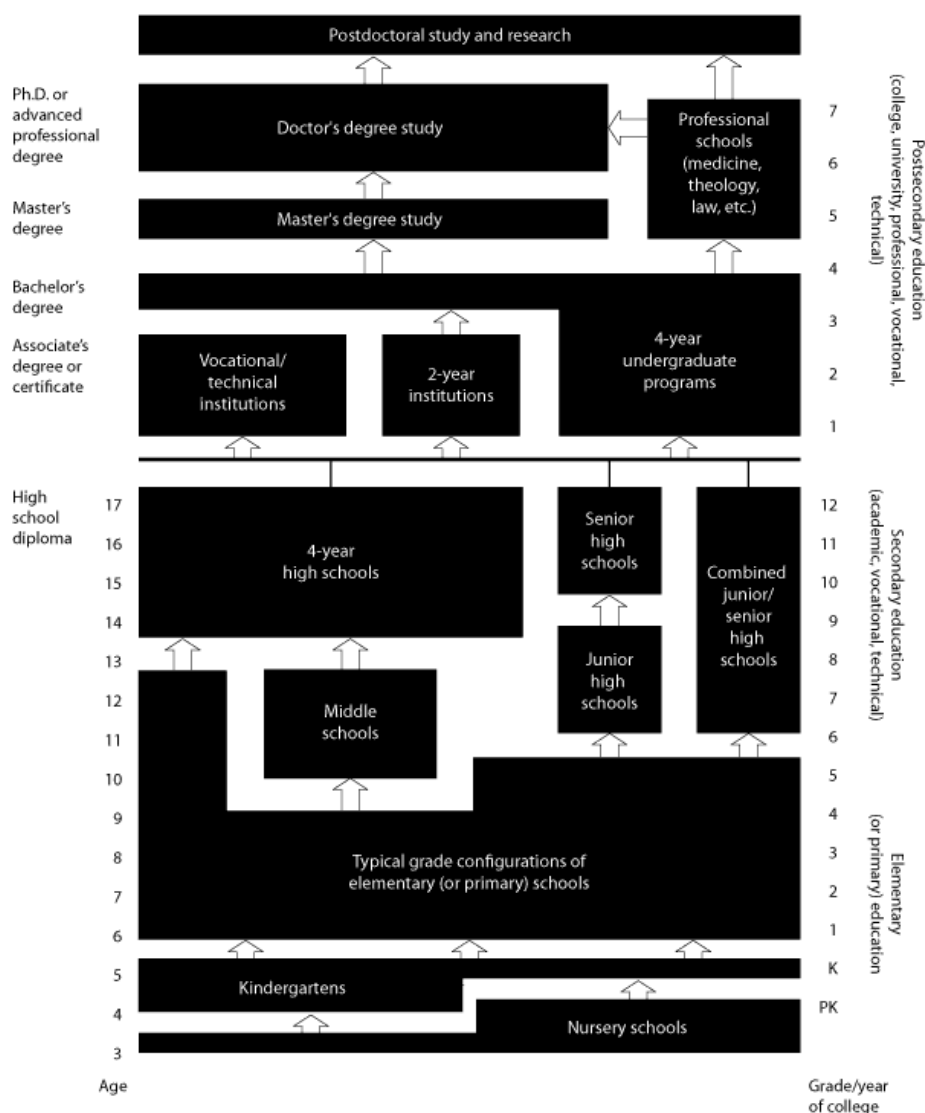


Figura A.1: Tabla que muestra los típicos patrones de progresión en el Sistema Educativo Americano. Fuente: U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics, Annual Reports Program. Obtenido de http://nces.ed.gov/programs/digest/d11/figures/fig_01.asp

Apéndice B

Lenguaje Logo. Un resumen

En esta sección se realizará un pequeño resumen de las características el lenguaje Logo para tener una visión general de su funcionamiento y sintaxis. Este resumen se ha basado en el trabajo de [29, p.274-305]. Si el lector quiere ampliar información sobre el lenguaje Logo, puede consultar [31] o en [10].

Words, Sentences y operaciones

Un tipo de dato *words* está formado por 0 o más caracteres sin espacios. Algunos ejemplos son: "SUN", "CAT", "97!", "" (cadena vacía). En cambio, el tipo de datos *sentences* es formado por un conjunto de *words* separado por espacios, como por ejemplo "HELLO WORLD" o "3 + 2 = 5".

En el lenguaje Logo existen operadores para tratar con los tipos *words* y *sentences*. Estos son FIRST, LAST, BUTFIRST, BUTLAST, WORD y SENTENCE. Estos operadores reciben una entrada y devuelven una salida. En la tabla B.1 se pueden ver ejemplos ilustrativos de su funcionamiento.

Operaciones

Comandos

Nombres

<i>Operador</i>	Entrada	Salida
FIRST	"CAT"	"C"
FIRST	"CAT AND DOG"	"CAT"
LAST	"CAT"	"T"
LAST	"CAT AND DOG"	"DOG"
BUTFIRST	"CAT"	"AT"
BUTFIRST	"CAT AND DOG"	"AND DOG"
BUTLAST	"CAT"	"CA"
BUTLAST	"CAT AND DOG"	"CAT AND"
WORD	"CAT" "DOG"	"CATDOG"
WORD	"CAT " "DOG"	(Mensaje de error)
SENTENCE	"CAT" "DOG"	"CAT DOG"
SENTENCE	"CAT " "DOG"	"CAT DOG"

Cuadro B.1: Tabla que muestra el funcionamiento de los operadores en el lenguaje Logo a través de ejemplos.

Bibliografía

- [1] Página oficial de robomind. <http://www.robomind.net>, Consultado el 10 de octubre de 2015.
- [2] Página oficial de moway education. <http://moway-robot.com>, Consultado el 10 octubre de 2015.
- [3] Página oficial de code academy. <https://www.codecademy.com>, Consultado el 12 de diciembre de 2015.
- [4] Página oficial de blockly games. <https://blockly-games.appspot.com>, Consultado el 12 de septiembre de 2015.
- [5] Página oficial de raspberry pi. <https://www.raspberrypi.org>, Consultado el 15 enero de 2016.
- [6] Página oficial del proyecto turtle academy. <https://turtleacademy.com>, Consultado el 25 de enero de 2016.
- [7] Página oficial de la python software foundation. <https://www.python.org>, Consultado el 30 de enero de 2016.
- [8] Página oficial del proyecto hora del código de code.org. <https://hourofcode.com/>, Consultado el 30 enero de 2016.
- [9] Página oficial del proyecto scratch. <https://scratch.mit.edu>, Consultado el 30 enero de 2016.
- [10] Página oficial de la fundación logo. recursos para aprender y enseñar logo. <http://el.media.mit.edu/logo-foundation/resources/books.html#language>, Consultado el 31 de enero de 2016.
- [11] Página oficial de code school. <https://www.codeschool.com>, Consultado el 9 de enero de 2016.

- [12] Página oficial de code.org. <https://code.org>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [13] Página oficial de khan academy. <https://www.khanacademy.org>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [14] Página oficial de la fundación logo. <http://el.media.mit.edu/logo-foundation>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [15] Página oficial del proyecto arduino. <https://www.arduino.cc/>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [16] Página oficial del proyecto codigo 21 promovido por el departamento de educación de gobierno de navarra. <http://codigo21.educacion.navarra.es>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [17] Página oficial del proyecto descubre la programación. <http://descubre.inf.um.es>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [18] Página oficial del proyecto descubre la programación. guía del lenguaje. <http://descubre.inf.um.es/curso.php>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [19] Página oficial del proyecto eu code week. <http://codeweek.eu>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [20] A logo primer. http://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/logo_primer.html, Último acceso en enero 2016.
- [21] Noreen S. Ahmed-Ullah. Cps to add computer science as core subject. *Chicago Tribune*, Diciembre 2013.
- [22] Alan Bundy. Computational thinking is pervasive. *Journal of Scientific and Practical Computing*, 1(2):67–69, 2007.
- [23] Douglas H Clements. Effects of logo and cai environments on cognition and creativity. *Journal of Educational Psychology*, 78(4):309, 1986.
- [24] Social Committee Commission to the European Parliament, the European Economic and the Committee of the Regions. Draft 2015 joint report of the council and the commission on the implementation of the strategic framework for european cooperation in education and training (et 2020). new priorities for european cooperation in education and training. http://ec.europa.eu/education/documents/et-2020-swd-161-2015_en.pdf, Agosto 2015.

- [25] Antonella Corsi-Bunker. *Guide to the Educational System in the United State*. University of Minnesota. Internal Student and Scholar Service.
- [26] Sean Coughlan. Computer science part of english baccalaureate. *BBC News*, Febrero 2013.
- [27] Julie Sarama Douglas H. Clements, Michael T. Battista. Logo and geometry. *Journal for Research in Mathematics Education. Monograph*, 10:i-177, 2001.
- [28] L Fernández Muñoz, R Peña, F Nava, and A Velázquez Iturbide. Análisis de las propuestas de la enseñanza de la programación orientada a objetos en los primeros cursos. *Actas de las VIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI'02)*, pages 433-440, 2002.
- [29] Wallace Feurzeig et al. Programming-languages as a conceptual framework for teaching mathematics. final report on the first fifteen months of the logo project. 1969.
- [30] Department for Education UK Government. Statutory guidance. national curriculum in england: computing programmes of study. <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study>, Septiembre 2013.
- [31] Michael Friendly. *Advanced LOGO: A language for learning*. Psychology Press, 2014.
- [32] Maude Lemaire. Incorporating computer science into an elementary school curriculum. 2014.
- [33] Yuen-Kuang Cliff Liao and George W Bright. Effects of computer programming on cognitive outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 7(3):251-268, 1991.
- [34] Mark Lutz. *Learning python*. " O'Reilly Media, Inc.", 2013.
- [35] José Marcos. Los colegios de madrid impartirán clases de programación. *El País*, Septiembre 2014.
- [36] Andrew Mcgettrick, Roger Boyle, Roland Ibbett, John Lloyd, Gillian Lovegrove, and Keith Mander. Grand challenges in computing: Education. a summary. *The Computer Journal*, 48(1):42-48, 2005.

- [37] Richard Moss. *Creating a mathematical environment through programming: A study of young children learning Logo*. PhD thesis, University of London, 1985.
- [38] Roy D Pea and D Midian Kurland. Logo programming and the development of planning skills. technical report no. 16. 1984.
- [39] V Renumol, S Jayaprakash, and D Janakiram. Classification of cognitive difficulties of students to learn computer programming. *Indian Institute of Technology, India*, 2009.
- [40] Juan Antonio Sánchez Laguna. ijava: un nuevo lenguaje para facilitar el paso del paradigma imperativo al orientado a objetos. *Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (15es: 2009: Barcelona)*, 2009.
- [41] Janet Siegmund, Christian Kästner, Sven Apel, Chris Parnin, Anja Bethmann, Thomas Leich, Gunter Saake, and André Brechmann. Understanding understanding source code with functional magnetic resonance imaging. In *Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering*, pages 378–389. ACM, 2014.
- [42] Eurydice Datos y Cifras. Educación y formación. La estructura de los sistemas educativos europeos 2014/15: diagramas. http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/facts_and_figures/education_structures_es.pdf, Noviembre 2014.

Glosario de términos

Arduino . 11

Comisión Europea Órgano ejecutivo y legislativo de la Unión Europea. Se encarga de proponer la legislación, la aplicación de las decisiones, la defensa de los tratados de la Unión y del día a día de la Union Europe. 2

Descubre la programación . 4–7, 9, 15

Hardware . 1

iJava . 4, 15

Java . 4

Lenguaje Logo El lenguaje Logo, basado en el lenguaje Lisp, fue diseñado como una herramienta para aprendizaje. Todas sus características -interactividad, modularidad, extensibilidad, flexibilidad en los tipos de datos- persiguen esta meta. 2, 11

Lisp . 11

Open Source . 3

Software . 1

Turtle El proyecto más popular del Lenguaje Logo ha evolucionado en la Tortuga, originalmente una criatura robótica que se movía por el suelo siguiendo una serie de instrucciones programadas previamente. 11

Acrónimos

API Application Programming Interface. 15

MIT Massachusetts Institute of Technology. 11

TIC Tecnologías de la Información y la Comunicaciones. 1