



## APP PARA EL CONTROL DEL ROBOTS

### LEGO EV3 y su utilización en la solución de un reto con docentes

APP for the Control of the Robots: LEGO EV3 and its use in solving a Challenge with Teachers

PEDRO FONSECA SOLANO, IRENE HERNÁNDEZ RUIZ

Escuela de Informática Universidad Nacional, Costa Rica

---

#### KEY WORDS

*Vulnerable Areas  
Robotics  
Lego ev3  
Sensors  
App*

#### ABSTRACT

*This work presents the development of an app for Android phones to be used in a university extension project with high school teachers and their students. In this way, the tools used for its construction, the model of Lego EV3 robot used, as well as the evaluation of the tool (app) by teachers, are disclosed. Generating in this way a large component of motivation among users of this application and a great interest in the importance of mobile applications.*

---

#### PALABRAS CLAVE

*Áreas vulnerables  
Robótica  
LEGO EV3  
Sensores  
App*

#### RESUMEN

*El presente trabajo da a conocer el desarrollo de una app para teléfonos Android para ser utilizada en un proyecto de extensión universitaria con docentes de secundaria y por sus estudiantes. De esta manera, se da a conocer las herramientas utilizadas para su construcción, el modelo de robot Lego EV3 utilizado, así como la evaluación de la herramienta (app) por parte de los docentes. Generando de esta manera un gran componente de motivación entre los usuarios de esta aplicación y un gran interés por la importancia de las aplicaciones móviles.*

---

## Introducción

En el 2015 se crea el proyecto “Formación de Formadores en Robótica para Colegios en áreas Vulnerables de Costa Rica”, iniciativa de la Escuela de Informática de la Universidad Nacional y el Instituto Costarricense sobre Drogas (ICD) y también con la participación del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica (MEP).

Este proyecto tiene como objetivo principal el capacitar a 72 docentes de secundaria en el área de robótica, para que luego ellos puedan capacitar a sus estudiantes. Así, los docentes aprenden a diseñar, construir y programar modelos de robots para solución de problemas.

En este proyecto se recibió un aporte económico por parte del ICD para la compra de 180 robots y 36 computadoras portátiles para capacitar a los docentes. El equipo que se designó para cada uno de los 36 colegios está conformado por 5 kits LEGO EV3 y computador portátil por colegio.

Para abril del 2017, se han capacitado 72 docentes de 36 colegios a nivel nacional, y actualmente el proyecto se encuentra en el proceso de seguimiento y preparación de una segunda etapa del mismo, con el fin de atender otras instituciones y un centro penal juvenil.

Durante el desarrollo de los talleres de capacitación a los docentes, el grupo coordinador de este proyecto estuvo desarrollando un conjunto de modelos de robots y prácticas para la realización de diferentes retos. Sin embargo, se consideró que era muy importante investigar la forma de enlazar el teléfono móvil con los modelos de robot construidos durante la capacitación. De esta forma, le permitiría al usuario (docente y/o estudiante) tener un control directo del robot por medio de su teléfono celular. Para ello se utilizó la metodología de “aprender haciendo” [3], la cual plantea que la persona comprende más fácilmente cualquier concepto, si ella lo realiza directamente en el momento en que se le enseña un tema en estudio.

La robótica, se basa en el construccionismo, el cual pretende que el individuo pueda crear un elemento fuera de su mente y que además tenga un significado personal para él. Ésta última pedagogía fue en la que se basa muchos de los principales desarrollos en robótica educativa [2].

Ruiz-Velazco plantea que aprovechar las bondades que ofrece el estudio de la robótica para la formación de estudiantes y su utilización como objeto de estudio y como medio de enseñanza, resulta realmente un campo vasto, innovador e interesante desde el punto de vista cognoscitivo [5].

Por otra parte, la tecnología de la información y comunicación ha cambiado el mundo en el que vivimos a tal manera que las personas siempre están conectadas, así lo resalta la UNESCO en el artículo “El Futuro del Aprendizaje Móvil, implicaciones para la

formulación de políticas”: hoy los dispositivos móviles impregnan la vida diaria, dando un acceso incomparable a la comunicación y la información [6].

Gardner informa que en febrero del 2017, 81.7% teléfonos inteligentes usa como sistema operativo Android, mientras que iOS el 17.9 % [4].

Por las razones anteriores y considerando el gran impacto de un app para los docentes y estudiantes, se decidió crear un app llamada “Formadores.apk”. Esta aplicación, se desarrolló para que funcionar con en el sistema operativo Android tanto en celulares como en tablets. Para este desarrollo se decidió generar esta app para Android, esto debido a la ocupación del mercado y que las herramienta para desarrollo son gratuitas.

## Descripción y uso de las herramientas para la implementación del app

A continuación se presenta cada una de las herramientas utilizadas para la construcción y prueba del app:

Robot LEGO<sup>1</sup> EV3: kit de piezas LEGO 45544, que permiten la construcción de diferentes modelos de robots. Además, de que ofrece un lenguaje gráfico para programar modelos de robots. Esto mediante un conjunto de recursos gráficos (bloques) que permiten incorporar los conceptos y estructuras de programación de una manera muy intuitiva.

APP INVENTOR<sup>2</sup>: es una herramienta basada en la nube, lo que significa que se puede construir aplicaciones directamente en un navegador web. Esta herramienta ofrece todo el apoyo que se necesita para aprender a construir aplicaciones. La misma, se utilizó para generar el entorno gráfico de los elementos necesarios para poder mover el robot desde el dispositivo móvil.

Scratch<sup>3</sup>: esta herramienta creada por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y que permite la programación haciendo uso de un ambiente gráfico. Esta herramienta, se incorpora en la herramienta y fue utilizada para programar cada una de las acciones de los botones del diseño creados en el APP INVENTOR. Además, se programó en el enlace de conexión vía bluetooth entre el celular y el robot.

## Pasos de la construcción

Para el desarrollo del app, se consideró importante realizar un conjunto de pasos para su correcta construcción y en cada una de los pasos se realizaron un conjunto de pruebas que permitieron asegurar su correcto funcionamiento.

<sup>1</sup> Página Web de LEGO: <https://www.lego.com/>

<sup>2</sup> Página Web de App Inventor: <http://appinventor.mit.edu/explore/>

<sup>3</sup> Página Web de Scratch <https://scratch.mit.edu/>

Los pasos que se establecieron el siguiente proceso de construcción fueron:

Cuadro 1. Pasos para la Construcción del APP

Construcción del APP	
Pasos para la construcción	Herramienta utilizada
1. Definición del modelo del robot.	KIT LEGO EV3
2. Determinar las piezas del kit necesarias para la construcción.	KIT LEGO EV3
3. Construcción física del modelo.	KIT LEGO EV3
4. Programación del modelo	APP INVENTOR
5. Construcción del entorno gráfico	APP INVENTOR
6. Programación del APP	APP INVENTOR
7. Enlace del APP vía bluetooth con el modelo de robot construido	APP INVENTOR y el robot construido con el kit EV3

Fuente: Fonseca&Hernández, 2018.

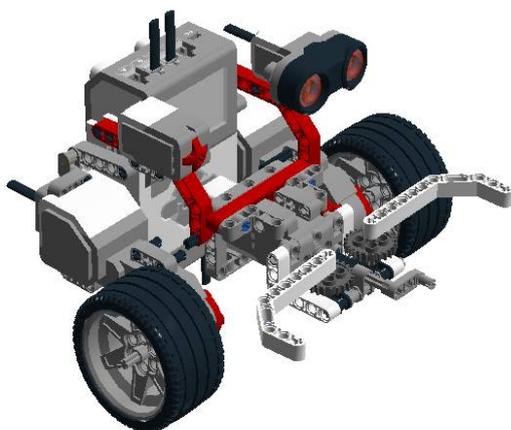
## Modelo del robot a utilizar

El modelo desarrollado está compuesto por las siguientes partes: 2 motores tipo tanque utilizados para mover el robot (adelante, atrás y girar derecha o izquierda) y un motor mediano utilizado para atrapar un objeto.

El modelo tiene como objetivo la captura de cubos. De esta manera el robot por medio del sensor ultrasónico, detecta el cubo en la posición correcta, y a partir de esa información el usuario puede sujetar el cubo con la garra usando los controles del app.

Posteriormente, el robot puede girar y desplazarse controlado por el teléfono, así el usuario puede manipular el uso del robot de la forma en que desee. A continuación se presenta una imagen del modelo.

Figura 1. Modelado 3D del robot con garra



Fuente: Fonseca&Hernández, 2018.

## Descripción del APP

El app "Formadores.apk", y tiene como propósito el control del Robot EV3 por medio de 2 motores (tanque) y un motor mediano y el sensor de ultrasonido.

Esta aplicación utiliza un botón para conectar y desconectar el bluetooth del teléfono o Tablet al robot EV3.

Además, posee un deslizador para aumentar o disminuir la potencia de los motores, y cinco botones para controlar el movimiento, 2 motores que le permiten al robot desplazarse hacia adelante, atrás, derecha e izquierda, un botón como freno y finalmente una flecha hacia arriba para abrir o una flecha hacia abajo para cerrar una garra conectada a un tercer motor.

A continuación se muestra una imagen del app desarrollada:

Figura 2. Imagen del App desarrollada



Fuente: Fonseca&Hernández, 2018.

El espacio necesario en la memoria del celular para poder ser instalada es de 12,62 MB y se instala a través de un archivo con formato .apk, el cual es utilizado para la instalación del app en el móvil solo para sistema operativo Android.

## Pruebas realizadas haciendo uso del APP

Primero, verificar que se puede instalar de manera adecuada en los dispositivos móviles y permita el enlace entre el celular o Tablet y el robot EV3, para estas pruebas se utilizaron dispositivos con sistema operativo Android, 15 teléfonos Galaxy S3, S4 y S7 y

Note III. Además, de 5 pruebas con las tablets Galaxy versión 2 y 3.

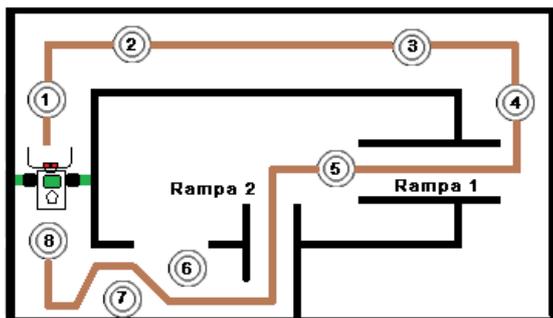
Segundo, pruebas a nivel del app, para que cada botón de la aplicación ejecute de una manera adecuada según el diseño y modelo de robot construido.

Tercero, ejecución de una tarea, consistió controlar el robot desde el celular para desplazarlo por una pista y seguir trayectoria (camino color café), donde tenía dos pendientes, una para subirla y otra para bajarla y en el camino habían obstáculos a remover (vasos de plástico de 17 onzas y el robot debía quitarlos del camino), el ganador sería el usuario que logrará hacer que el robot quitara los 8 vasos e hiciera el recorrido en el menor tiempo.

Para las primeras dos pruebas no se encontró ninguna dificultad en el funcionamiento los botones del app así como con el enlace del robot vía bluetooth. En el caso de la tercera fue muy emocionante y estimulante ver como los usuarios (docentes) se las agencian para realizar el recorrido de la mejor manera. Los docentes contaban con 3 intentos para la prueba, por lo que fue muy interesante ver las diferentes estrategias que implementaron para la completar la solución a la tarea.

A continuación, se muestra un conjunto de pasos numerados, que muestra el recorrido que debe hacer el robot para garantizar el recorrido. Para el cual, se utilizó manejando el robot desde el teléfono de cada docente.

Figura 3. Pista de la competencia



Fuente: Fonseca&Hernández, 2018.

## Actividades realizadas con el App

En el marco del proyecto, las actividades que se han realizado son las siguientes:

1. Con un grupo de 24 docentes, se construyeron 12 robots, a ellos se les compartió el app, y se realizó una competencia para quitar vasos del camino, fuera línea café en vez de tomarlos por razones de tiempo. De esta manera cada uno de los docentes logró instalar y usar el app, logrando además poder compartir con sus compañeros durante la actividad.
2. Los docentes del punto 1, actualmente han compartido el app con sus estudiantes en al menos 10 colegios. Al menos 20 estudiantes

han instalado el dispositivo en sus teléfonos y han participado en una competencia realizada por sus docentes.

## Evaluación de la herramienta por parte de los docentes

Actualmente, al tercer grupo capacitado por el proyecto se decidió durante la quinta clase, realizar una competencia haciendo uso del app. En esta competencia, cada equipo construyó el modelo de la figura 1, instaló en su teléfono móvil el app. Posteriormente, se realizó el reto de desplazar el robot 3 metros, tomar un cubo y devolverse al punto de inicio, en la menor cantidad de tiempo. En este reto los docentes compartieron sus experiencias y al finalizar se les pidió que respondieran a una encuesta.

La población total encuestada fue de 24 personas, sin embargo solo 22 docentes poseen teléfonos utilizan el sistema operativo Android. De esta población 11 son mujeres y 11 son hombres. A continuación, se presenta los resultados al aplicar el instrumento:

- Item# 1: “¿La instalación del app fue sencilla?” el 82% respondió que sí, mientras que 18% indicó que no.
- Item # 2: “¿La conexión vía bluetooth entre el app y el robot fue sencilla?” el 100% respondió que sí.
- Item# 3: Indique algunas ventajas del uso de esta tecnología:

Cuadro 2. Ventajas señaladas por los docentes

Ventajas
La función de control facilita el uso del robot.
Razonamiento lógico. Utilizar la tecnología en el área educativa
Se muestra como una aplicación muy atractiva.
Se puede usar como control remoto para controlar el robot.
Rapidez, practicidad, además de estar actualizada.
Mayor control y manipulación del robot, tanto para el docente como para el estudiante.
El manejo de forma remota del robot, la manipulación es más divertida.
Manejo del robot. Amplía el conocimiento tecnológico y sus alcances.
Se puede trabajar más personalizado y siempre a mano
Accesibilidad móvil, no tengo que estar fijo ante una computadora
El uso inalámbrico que permite mayor comodidad para el usuario
Se facilita la movilidad del robot y se fomenta el uso de los celulares en el aula
Es más personalizado y más fácil de usar
El poder acceder a la misma en cualquier momento y así se puede usar
La portabilidad para manejar el EV3
Uso de gran novedad, generalmente todos tenemos celular por la que se facilita utilizarlo
Poder manejar el robot sin uso de cables y sin tener que programarlo en la computadora

Fuente: Fonseca&Hernández, 2018.

- Item# 4: Marque con una “x” según su opinión, las casillas que mejor represente cada uno de los rubros.

Para este ítem, se cuantificó la frecuencia de respuestas según el ítem. Para ello se presenta el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Frecuencias de respuestas del ítem #4.

Frecuencias del ítem 4					
Escala	Reflejan la materia estudiada	Me ayuda a comprender mejor	Tengo los conocimientos necesarios para realizar la actividad.	Tienen un nivel de dificultad adecuado.	Favorece el intercambio de conocimiento entre los compañeros.
Siempre	17	14	11	12	15
Casi siempre	5	8	4	5	5
A veces	0	0	7	3	2
Nunca	0	0	0	2	0

Fuente: Fonseca&Hernández, 2018.

- Item # 5: ¿Por qué considera importante que sus estudiantes utilicen tecnologías como estas?

Cuadro 4. Percepción acerca del uso de estas tecnologías en los estudiantes

Importancia de las tecnologías
Seria motivador para ellos poder vincular el uso del robot para trabajar y hacer competencias.
La tecnología es parte del uso diario, el estudiante para él es muy común utilizarla.
Para hacer uso de ellas, mejorar el acceso. Proponer la creación de ellas según la necesidad.
El estudiante en forma innata busca la forma de sacar el máximo provecho de sus celulares, juegos, chat, control de robots, etc.
Para darle un uso diferente al celular.
Porque es con lo que se trabaja hoy en día, además que un porcentaje muy alto de estudiantes cuentan con estos recursos.
Porque hoy en día todo se rige a partir de las nuevas tecnologías.
Son muy útiles y no tienen costo económico.
Porque despierta e incentiva el aprendizaje. Desarrolla habilidades
Para su desarrollo personal para ayudarles con técnicas diferentes y que ellos puedan salir adelante.
Permite a los estudiantes el desarrollo de pensamiento lógico, a través de estructuras, y desde cualquier lugar.
Ellos nacieron en una época donde la tecnología es parte de su vida
El desarrollo tecnológico de software actualmente apunta al desarrollo de apps móviles
Los estudiantes de la actualidad tienen un perfil de un excesivo de tecnología, por tanto facilitarles estas tecnologías es de suma importancia.
Los estudiantes de hoy nacieron en estas tecnologías, por lo que el facilitarlas es una manera de motivarlos y de ligarlos con los procesos educativos.
Para focalizar el uso de los celulares en clase
Porque les ayuda a mantenerse entretenidos, es algo novedoso, ayuda a los jóvenes a pensar y razonar.
Se les abren múltiples caminos, les crea una visión del mundo diferentes a lo "tecnológico" que usan cotidianamente.
Para que al igual que nosotros, ellos tengan portabilidad de las lecciones.
Para lograr que se sientan más motivados para aprender cosas nuevas.

Fuente: Fonseca&Hernández, 2018.

- Item # 6: Alguna recomendación adicional. En este ítem el 5% indicó que sería muy útil tener el app también para el teléfono iphone, y el 60% les gustaría recibir a futuro una clase sobre la programación en dispositivos móviles.

## Conclusiones

1. A los docentes que llevaron el curso, les motivó mucho el utilizar este app como parte del taller, porque les permitió hacer uso de su teléfono móvil.
2. Todos los docentes que tiene teléfono móvil con el sistema Android, lograron instalar la aplicación, construir adecuadamente el modelo y lograr la competencia. Lo cual permite mostrar que siguiendo los pasos de construcción y enlace es muy sencillo hacer uso del app.
3. Ellos consideran que les permite más comprender el uso del robot, al hacer uso de su teléfono móvil.
4. La mayoría de los docentes consideró, que poseen los conocimientos necesarios para poder usar el app y realizar una competencia completa para manipular el robot.
5. Todos los docentes concuerdan que es importante enseñarle estas tecnologías a los estudiantes.
6. Se debe tener un abordaje diferente a los docentes de secundaria y mostrarles que la tecnología es sencilla de aplicar dentro de sus lecciones. Lo cual se puede evidenciar que en una dinámica como esta los docentes pueden aprender de una manera diferente.
7. Es importante que la materia que se enseña en el taller de robótica, sea muy práctica, es decir que casi que todas las clases la parte teórica sea solo un 10% de la misma, para que todo sea muy práctico y los docentes puedan aclarar sus consultas con los facilitadores del taller.
8. El trabajo de programar el app, y su enlace con el modelo del robot, se debe plantear todo un planteamiento de desarrollo, para que el mismo

cumpla con los estándares necesarios en el ámbito de programación y que se pueda probar de una manera adecuada.

9. Las pruebas realizadas en los diferentes dispositivos, demuestra que el app es compatible con las diferentes versiones de Android.
10. La instalación del apk desarrollada en el teléfono es muy intuitivo y es sencilla para los usuarios, ya que cuenta con una interfaz propia para su instalación.

## Recomendaciones

1. Siempre es importante introducir a los docentes o a cualquier participante en el taller, acerca de los principales conceptos en el uso de un app, como son sus partes y funcionamiento. Esto garantiza que desde un inicio el docente se familiarice con la herramienta y en el momento de su uso lo encuentre muy sencillo.
2. Al momento de realizar competencias, se debe generar un espacio amplio, preferiblemente en un salón para que todos los competidores puedan participar de una manera más sencilla.
3. Antes de realizar cualquier competencia, es fundamental verificar que el proceso de "emparejamiento" entre el celular y el robot sea exitoso, de lo contrario no se podrá utilizar el app correctamente. Siempre se recomienda revisar el robot construido y asegurarse que el símbolo "< >" se encuentre activado.

## Trabajo a futuro

1. Se plantea por parte de los facilitadores, probar este app con más modelos de robots, de esta manera se podrá contar a corto plazo con más modelos de robots para utilizar en competencias.
2. Realizar más apps, incorporando nuevos usos de los sensores, de esta forma se puede facilitar su uso a muchos usuarios (docentes y estudiantes).
3. Generar un espacio para realizar un taller para que los docentes pueden aprender a construir sus propias app y aprendan los conceptos principales para la programación en el sistema operativo Android.
4. Generar un video sobre el uso de la programación en Scratch a nivel básico para que pueda ser aplicado por docentes y estudiantes.
5. Agregar en próximas versiones, otras opciones a esta app, por ejemplo el cálculo de la distancia de un objeto. Esto permite que el usuario del app pueda desempeñarse aún mejor en las competencias porque podrá visualizar obstáculos y otros robots.
6. Usar la lectura de mediciones de otros sensores (sensor de tacto, sensor de sonido, entre otros) para otras aplicaciones que permitan obtener un mayor provecho de los recursos del LEGO EV3.

## Referencias

- App Inventor 2: Create Your Own Android Apps, By David Wolber, Hal Abelson, Ellen Spertus, Liz Looney, O'Reilly Media, Inc., Oct 13, 2014
- Arlegui & Pina, Didáctica de la Robótica Educativa, Un enfoque constructivista, España(2016). DEXTRA.
- Borgnakke, K. 2004. "Ethnographic studies and analysis of a re current theme: Learning by Doing". European Educational Research Journal, 3 (3), 539-565
- González,J., Jiménez,J(2009). La Robótica como herramienta para la educación en ciencias e ingeniería. Revista Iberoamericana de Informática Educativa, 2009.31-36p
- Ruiz-Velasco, E. (2007). Educatrónica: innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología. Buenos Aires: Editorial Díaz de Santos, S.A.
- UNESCO. (2013). UNESCO Policy Guidelines for Mobile Learning. Acceso Abierto.