

# Una Estrategia Didáctica: Uso de Robots Virtuales y Reales para Introducción a la Programación

Alexis Mandracchia, Federico Hauque, María Julia Blas, Marta Castellaro

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información  
Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional  
pochidavid@gmail.com, fghauque@gmail.com, mariajuliablas@santafe-conicet.gov.ar,  
mcastell@frsf.utn.edu.ar

## Resumen

*El presente trabajo se enmarca en el proyecto de investigación denominado “Las intervenciones didácticas y el uso de TIC para la motivación e integración en el inicio de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información (ISI)”, cuyo objetivo es “explorar, diseñar, desarrollar y evaluar intervenciones didácticas que busquen favorecer la motivación e integración de conocimientos y habilidades en los ingresantes de la carrera ISI”. Se presenta una secuencia didáctica diseñada para favorecer el aprendizaje de los primeros conceptos de programación haciendo uso de robots Arduino y de la herramienta de software RoboMind. Se detalla además la forma en la cual la secuencia ha sido llevada a cabo en los ciclos lectivos 2017 y 2018 como parte de las actividades de la cátedra Algoritmos y Estructuras de Datos.*

**Palabras clave:** Algoritmo, Programación.

## 1. Introducción

En los últimos años la tasa de deserción temprana en las Universidades se ha convertido en un tema de creciente interés para las instituciones (Merlino et al. 2011, Vries et al. 2011, Nervi et al. 2015). Existen diversos modelos a partir de los cuales es posible analizar tal deserción, entre los que se destacan modelos psicológicos, económicos y de interacción organizacional. Múltiples estudios han demostrado que existe una relación entre lo cognitivo y lo motivacional, indicando que el rendimiento alcanzado por un individuo se encuentra determinado por sus conocimientos y capacidades cognitivas pero también por un conjunto de factores englobados como

"motivación" (Núñez 2009). Los docentes deben explorar diferentes escenarios de trabajo, diseñar acciones y proyectos colaborativos, elaborar materiales y disponer de recursos para poder llevar a cabo nuevas propuestas de trabajo, generando espacios apropiados para su desarrollo junto con el acompañamiento y la evaluación de los resultados obtenidos (Tuckman 2007).

En este trabajo se desarrolla una experiencia educativa llevada a cabo en la cátedra Algoritmos y Estructuras de Datos (AEDD) de ISI, para introducir el tema de “Algoritmos”, con el que se inicia la asignatura. En las primeras clases, los alumnos emplean la herramienta RoboMind para generar soluciones a problemas simples basados en algoritmos sencillos asociados al comportamiento de un robot simulado (denominado robot virtual, RV). Sin embargo, aunque los alumnos comienzan a familiarizarse con los conceptos de programación y las estructuras de control básicas, los algoritmos que ejecutan en RoboMind no trascienden los límites de la pantalla en la que se mueve el robot. Luego, el objetivo de la experiencia educativa que se presenta en este trabajo consistió en el diseño, implementación y uso de un material didáctico que permita a los alumnos interactuar con un robot real (RR) basado en tecnología Arduino que ejecute, en un entorno físico, el conjunto de instrucciones configuradas en el RV.

## 2. Material de Trabajo

El Departamento ISI donó a la cátedra AEDD dos robots móviles “Rover RM-2” basados en Arduino NANO V3.0. Estos robots fueron utilizados como entorno real a lo largo de la experiencia.

Sin embargo, aunque el firmware que traen de fábrica es sencillo de comprender y la edición de código fuente es simple de realizar, estas placas no proveen un mecanismo de compatibilidad con RoboMind. Por este motivo, se decidió implementar una herramienta de software que compatibilice automáticamente ambos recursos, junto con una librería de instrucciones básicas utilizada para encapsular los comportamientos mínimos requeridos como parte de la programación en RoboMind. El objetivo de la herramienta es la traducción de códigos implementados en RoboMind a códigos ejecutables sobre los robots móviles disponibles. Por su parte, el objetivo de la biblioteca es mapear el conjunto de instrucciones definidas en RoboMind a un nuevo conjunto semejante de instrucciones definidas en Arduino, las cuales lleven a cabo el comportamiento definido en el entorno virtual sobre el entorno real. De esta manera, las características propias de la electrónica requerida para realizar los movimientos físicos del robot quedan enmascaradas en la definición de un conjunto de funciones, brindando al usuario la posibilidad de utilizar los métodos sin preocuparse por los aspectos técnicos involucrados.

La Tabla 1 resume los materiales utilizados en la experiencia.

Tabla 1. Lista de materiales utilizados.

Nº	NOMBRE	OBJETIVO	TIPO
1	RoboMind	Crear algoritmos simples usando robot simulado.	Software existente.
2	Robot "Rover RM-2"	Programar robot para ejecutar instrucciones en entorno real.	Producto existente.
3	Biblioteca de Instrucciones	Dar equivalencia entre instrucciones virtuales y reales.	Software desarrollo propio.
4	Herramienta de Transformación	Traducir códigos RoboMind a códigos Arduino.	Software desarrollo propio.

### Biblioteca Arduino-RoboMind

Se implementó respetando las interfaces de las instrucciones definidas en la herramienta RoboMind. Bajo esta conceptualización, cada una de las instrucciones detalladas en la librería Arduino puede ser mapeada de

forma directa a una instrucción RoboMind. Por ejemplo, la instrucción "derecha" representa una misma acción (girar al robot hacia la derecha en base a su posición actual) pero, según el caso, se traduce al contexto pertinente. En el contexto virtual (RoboMind), el robot se reimprime en pantalla ubicado visualmente con un giro a la derecha desde su posición precedente. En cambio, en el contexto real (Arduino), inicia el mecanismo de servomotores requeridos para movilizar las ruedas del robot en sentido horario a partir de la orientación en la cual se encuentra su posición actual.

### Herramienta de Transformación

Se implementó utilizando el lenguaje C++ y el entorno de desarrollo Zinjal<sup>1</sup>, los cuales son utilizados por los estudiantes de AEDD para desarrollar las actividades prácticas propuestas lo largo del cursado de la materia. De esta manera, la herramienta resultante tiene una doble utilidad académica: no sólo permite transformar códigos RoboMind a Arduino, sino que además puede ser utilizada como caso de estudio durante las clases prácticas.

Dado que la biblioteca de instrucciones brinda una estricta relación de equivalencia entre los comportamientos virtuales y reales y, teniendo en cuenta que el archivo de origen a transformar define una secuencia de instrucciones precisa y finita; la herramienta de transformación toma el conjunto de instrucciones básicas, las traduce al conjunto equivalente y, luego, las contextualiza para respetar la estructura de programas Arduino.

## 3. Secuencia Didáctica (SD)

En (Paynter et al. 2012, Kotzer et al. 2012) se analizan los aportes de los entornos virtuales de aprendizaje como complemento a la enseñanza presencial. Haciendo uso de este tipo de mecanismos se genera un ámbito propicio para promover el aprendizaje a partir de procesos de comunicación multidireccionales entre los distintos actores involucrados. En el caso de la cátedra AEDD, el objetivo de la experiencia es mejorar la comunicación entre docentes-alumnos, alumnos-docentes y

<sup>1</sup> Zinjal. Disponible en <http://zinjai.sourceforge.net/>

alumnos entre sí; por lo que se planificó una SD basada en un conjunto de actividades que involucran acciones a ser llevadas a cabo por ambos actores.

Una SD es un conjunto de actividades educativas que, encadenadas, permiten abordar de distintas maneras un objeto de estudio. Las actividades deben compartir un hilo conductor que posibilite a los estudiantes desarrollar su aprendizaje de forma articulada y coherente. Entonces, puede decirse que una SD tiene como finalidad “ordenar y guiar el proceso de enseñanza que impulsa un educador” (Kotzer et al. 2012), siendo el resultado de “establecer una serie de actividades de aprendizaje que tienen un orden interno entre sí, partiendo de la intención del docente de recuperar aprendizajes y nociones previas, y vincularlas a situaciones problemáticas y contextos reales, con el fin de abrir el proceso de aprendizaje”.

Tabla 2. Actividades de la secuencia didáctica.

Nº	NOMBRE	UBIC.	ACTORES
A	Introducción al concepto “algoritmo” y presentación del entorno virtual.	Inicio del curso	Docentes - Alumnos
B	Desarrollo de contenidos prácticos en el entorno virtual.	Inicio del curso	Alumnos – Docentes
			Alumnos entre sí
C	Introducción a la robótica y presentación del robot Arduino.	Mediados del curso	Docentes – Alumnos
D	Construcción de contenidos en entornos virtuales y ejecución en entornos reales.	Mediados del curso	Alumnos – Docentes
			Alumnos entre sí
E	Trabajo sobre diseño de programas, uso de librerías y transformación de códigos.	Avanzado el curso	Docentes - Alumnos
			Alumnos – Docentes
			Alumnos entre sí.

En el caso de la cátedra AEDD, se buscó que la complejidad de las actividades involucradas en la SD sea progresiva y acorde a los conocimientos y habilidades de los alumnos. En este punto es importante destacar que la mayoría de los estudiantes que inicia el cursado de la asignatura no posee conocimientos previos en el área

programación. Sólo un 5% de los estudiantes proviene de escuelas con modalidad informática, por lo que la tarea de iniciar al grupo en los conceptos de algoritmos y programación suele presentar un desafío. En este sentido, al planificar una SD se debe tener en cuenta el grado de conocimientos que los alumnos tienen (y/o van adquiriendo) en cada una de las instancia previstas. Además, es importante considerar los principales intereses de los alumnos; planificando actividades que cautiven su atención y los motiven durante el proceso de aprendizaje.

En este contexto, la SD se planificó como un conjunto de actividades a ser desarrolladas a lo largo del dictado del curso (Tabla 2). Estas actividades se planificaron como parte de la estructura curricular a fin de no generar una carga de trabajo extra en los estudiantes.

### Introducción al concepto de “algoritmo” y presentación del entorno virtual

El objetivo de esta actividad es aprender el concepto de algoritmo haciendo uso del software RoboMind (material de trabajo N°1). Para esto, al iniciar el curso los docentes presentan a los alumnos problemas de la vida cotidiana en los cuales exponen el concepto de algoritmo. Desde recetas de cocina hasta problemas de rutas entre las casas y la facultad, los problemas planteados presentan a los estudiantes la noción de algoritmo como una estrategia de solución a diversas situaciones de la vida cotidiana. Bajo esta perspectiva, el alumno asimila el concepto de algoritmo como el diseño de una secuencia de pasos finita que busca garantizar el cumplimiento de un objetivo.

Una vez que el alumno ha asimilado el concepto, se le presenta una nueva herramienta de trabajo: RoboMind. Junto con esta herramienta, se presentan algunos algoritmos previamente implementados, a fin de que los estudiantes evidencien no solo la forma de en la cual se codifican soluciones, sino también el conjunto de instrucciones y elementos de trabajo.

### Desarrollo de contenidos prácticos en el entorno virtual

En un encuentro planificado en una etapa posterior al desarrollo de la actividad

precedente, los alumnos desarrollan diversos algoritmos en RoboMind. Los docentes proponen un conjunto de situaciones a resolver. Sin embargo, también se brinda un espacio de libertad al alumno, permitiéndole experimentar con nuevas situaciones a fin de desarrollar soluciones que sean de su interés. Entre los problemas propuestos se incluyen instrucciones para: movimientos a puntos contiguos (adelante, derecha, norte, etc.); recorrido desde un punto hasta otro dentro del mapa; movimiento de un objeto desde un punto a otro dentro del mapa C; esquivar obstáculos ubicados aleatoriamente en un mapa; realizar un recorrido dibujando una figura (cuadrado, escalera, etc.); navegar el mapa en busca de un elemento (baliza) o situación (lugar para estacionar el robot).

El objetivo de la actividad es desarrollar soluciones en RoboMind reforzando el concepto de algoritmos aprendido en la etapa precedente. Durante el desarrollo de tales soluciones se fomenta que los alumnos trabajen en equipos, a fin de fortalecer los vínculos comunicacionales entre ellos.

### **Introducción a la robótica y presentación del robot Arduino**

En esta etapa se busca que los estudiantes evidencien la existencia de programación en un tipo de elemento de trabajo distinto al software. Ya habiendo asimilado el concepto de algoritmo y, teniendo en cuenta que ya ha visto numerosas ejemplos en los cuales reconoce la existencia de algoritmos por fuera del software, en esta actividad se intenta demostrar que la programación está presente en la vida cotidiana.

Para tales fines, se planifica una actividad en la cual se presenta a los estudiantes los robots Arduino disponibles. Junto con la presentación del material de trabajo N°2, se introducen nociones de robótica básicas a fin de brindar a los estudiantes un contexto de utilidad que les permita entender cómo se programan tales elementos. Aunque los estudiantes pueden acceder a los robots, aun no se les permite interactuar con los mismos. El objetivo es introducir los elementos a ser usados en la siguiente actividad.

### **Construcción de contenidos en entornos virtuales y ejecución en entornos reales**

Aunque temporalmente esta actividad debe realizarse luego de la actividad C, es posible llevar cabo las actividades C y D en un mismo encuentro.

El objetivo de esta actividad es que los alumnos utilicen el material N° 4 (que internamente utiliza el material N°3) a fin de ejecutar en un entorno real las soluciones implementadas en la actividad B. Para esto, los docentes plantean nuevamente la necesidad de que los estudiantes trabajen en grupo. Sin embargo, los agrupamientos no necesariamente deben coincidir con los formados en la etapa B. De esta manera, se fomenta un intercambio de soluciones entre alumnos, dando lugar a la construcción de nuevas soluciones colaborativas.

En esta etapa es vital la participación del docente a cargo como coordinador de las pruebas sobre el entorno real, ya que se debe garantizar el correcto uso de todos los materiales disponibles.

### **Trabajo sobre diseño de programas, uso de librerías y transformación de códigos**

Una vez finalizadas las actividades A-D, debe planificarse la actividad E. El objetivo de esta actividad es afianzar los conceptos de diseño de programas, uso de librerías y transformación de códigos. Sin embargo, los estudiantes no serán capaces de asimilar estos conocimientos hasta instancias avanzadas del cursado. Por este motivo, los docentes deben planificar con precisión el momento en el cual utilizarán los materiales N°3 y N°4 como caso de estudio.

En esta instancia puede resultar beneficioso invitar a los desarrolladores de la herramienta para que interactúen con los estudiantes. De esta manera, los alumnos pueden interactuar con sus pares en virtud de realizar consultas sobre el funcionamiento del material propuesto.

## **4. Experiencia Realizada**

La primera experiencia tuvo lugar durante el ciclo lectivo 2017. En este caso, dado que los materiales N°3 y N°4 quedaron disponibles a mitad de año, no fue posible llevar a cabo en los tiempos deseados la secuencia de actividades A-D. El trabajo con RoboMind (actividades A y B) se realizó durante las primeras semanas de cursado.

Sin embargo, el trabajo con Arduino (actividades C y D) recién pudo llevarse a cabo a inicios del segundo cuatrimestre. Por este motivo, dado que al momento de trabajar con los robots reales los estudiantes ya tenían conocimientos avanzados de programación, se decidió integrar las actividades C, D y E en un único encuentro. Se realizó una única clase extraordinaria en la cual se puso el foco en el conjunto de ejercicios desarrollados en etapas tempranas del cursado. Los docentes a cargo del encuentro propusieron a los estudiantes una serie de adaptaciones a los escenarios propuestos con anterioridad a fin de motivarlos a generar situaciones para problemas de mayor complejidad. Esto motivo a los alumnos, planteándoles un desafío en la búsqueda de algoritmos eficientes. Tales algoritmos fueron codificados y probados en RoboMind. Posteriormente fueron transformados por la herramienta de traducción RoboMind-Arduino para ser ejecutados sobre el RR. Además, mientras se utilizaban los materiales implementados específicamente para lograr la adaptación Arduino-RoboMind, se expusieron los casos de estudio mostrándoles a los alumnos los códigos fuentes asociados.

En la actualidad, se está transitando un nuevo ciclo lectivo en el cual ya se han llevado a cabo las primeras cuatro actividades planificadas. En este caso, dado que los materiales estaban disponibles al iniciar el cursado, las actividades A-D pudieron llevarse a cabo en 3 encuentros diferentes. Al comenzar el curso se trabajó con RoboMind, proporcionándole a los alumnos (mediante el espacio complementario de la cátedra en el Campus Virtual de la Facultad), guías de problemas a resolver, algoritmos desarrollados en RoboMind y un conjunto de videos útiles para comprender el comportamiento del RV en distintos escenarios simulados en pantalla. Este trabajo se llevó a cabo en dos instancias desarrolladas en semanas consecutivas, a fin de mantener el interés de los estudiantes en la herramienta virtual. Una vez asimilados estos conceptos, se llevó a cabo un taller en el cual se desarrollaron

las actividades C y D de manera conjunta. En este caso, se realizó introducción sencilla a la robótica y, en particular, se presentó el robot Arduino a utilizar. Los estudiantes trabajaron con las primeras soluciones algorítmicas generadas con el material del curso. Tales soluciones fueron ejecutadas sobre el robot físico haciendo uso del material de trabajo propuesto. Acerca de estos materiales solo se informó su utilidad para la experiencia (es decir, no se brindaron detalles sobre los códigos fuentes implementados). En este contexto, en el ciclo lectivo 2018 aún resta llevar a cabo la actividad E.

Tanto en 2017 como el 2018 los alumnos se mostraron muy interesados y participativos en las actividades, destacándose los siguientes impactos generados:

- Los estudiantes evidenciaron como las herramientas de software brindan soporte a proyectos de electrónica.
- Un grupo de alumnos se interesó por aspectos de electrónica surgiendo reflexiones vinculadas a contenidos desarrollados en otras asignaturas (especialmente Física). Esto da una articulación natural entre las asignaturas y una re-significación de los contenidos.
- Aproximadamente el 90% de los asistentes manifestó intenciones de continuar programando para el robot. La herramienta de transformación se subió al campus virtual a fin de que todos los interesados puedan utilizarla. Además, se propuso un horario extracurricular para ejecutar nuevos algoritmos sobre el robot físico. Esto favorece el testeo de los materiales de trabajo desarrollados.

Es importante destacar que, aunque no se espera tener un robot físico para cada estudiante, si es cierto que en la actualidad cada alumno tiene acceso a una computadora. Esto posibilita el uso de las PC como herramientas de trabajo base para, luego, migrar los desarrollos al robot físico. De esta forma, el esquema de desarrollo planteado permite que los estudiantes puedan realizar desarrollos en RoboMind, probarlos en un contexto virtual y, luego, ejecutarlos sobre el RR. De esta forma, los

robots Arduino se incorporaron a las actividades de la cátedra sin requerir un cambio de los contenidos curriculares ni la adquisición de nuevas unidades.

## 5. Conclusiones

Se ha presentado la labor realizada para motivar a los estudiantes de primer año de ISI en el aprendizaje de los primeros conceptos asociados a la cátedra AEDD; describiendo la planificación de una SD que muestra la forma en la cual la cátedra ha incorporado robots Arduino como material de trabajo partiendo de un conjunto de herramientas existentes. Las herramientas necesarias para completar la SD diseñada fueron desarrolladas por un grupo de trabajo cercano a los docentes de la asignatura, lo que dio lugar a un desarrollo a medida marcado por las necesidades específicas de los docentes. Una vez finalizada la construcción del material y diseñadas las actividades requeridas para su correcta utilización, a fin de presentar los desarrollos realizados y evaluar su adecuación a las expectativas de los estudiantes, se llevaron a cabo una serie de actividades en las que, gradualmente, los alumnos pasaron de trabajar con el robot simulado en RoboMind a ejecutar soluciones en los robots Arduino. El uso del RV disponible en la herramienta RoboMind permitió plantear una semejanza directa de conceptos entre su comportamiento y el de un RR; lo que contribuyó a que los estudiantes asimilen no sólo el concepto de algoritmos sino también el de instrucciones de programación. Dado que el material de trabajo de desarrollo propio se implementó utilizando la metodología, el lenguaje de programación y los contenidos que se dictan en el curso, se logró generar una articulación extra con los estudiantes; presentándolos como casos de estudio en etapas avanzadas del dictado de la asignatura. En este contexto, se considera que la existencia de la herramienta de transformación, además de formar parte del material didáctico propuesto, contribuye a mostrarles a los estudiantes un desarrollo producido por sus propios compañeros con las mismas herramientas que ellos aprenden y utilizan en la asignatura.

Es importante destacar que los alumnos se han mostrado participativos e interesados durante el desarrollo de toda la experiencia. Esta situación ha llevado a que los docentes de AEDD, en la actualidad, se encuentren planificando espacios extracurriculares que abarcan tanto el uso de los robots como así también de sus herramientas afines. De esta manera, se mantiene la motivación de los estudiantes de forma complementaria a la formación curricular. Además, el trabajo con herramientas desarrolladas por alumnos avanzados ha despertado el interés de los estudiantes en la programación de otro tipo de aplicativos de utilidad académica.

## Referencias

- Kotzer, S., & Elran, Y. (2012). Learning and teaching with Moodle-based E-learning environments, combining learning skills and content in the fields of Math and Science & Technology.
- Merlino, A., Ayllón, S., & Escanés, G. (2011). Variables que influyen en la deserción de estudiantes universitarios de primer año. Construcción de índices de riesgo de abandono. Actualidades Investigativas en Educación, 11(2), 1-30.
- Nervi, C., Rodríguez, J., & Osada, J. (2015). Deserción universitaria durante el primer año de estudios. FEM: Revista de la Fundación Educación Médica, 18(2), 93-93.
- Núñez, J. C. (2009). Motivación, aprendizaje y rendimiento académico. ° Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia. Braga, Portugal.
- Paynter, M., & Bruce, N. (2012). Case Studies: Using Moodle for Collaborative Learning with University and Senior Secondary Students.
- Tuckman, B. W., Abry, D. A., Adams, M. P., & Smith, D. R. (2007). Learning and motivation strategies: Your guide to success. Prentice Hall.
- Vries, W. D., León Arenas, P., Romero Muñoz, J. F., & Hernández Saldaña, I. (2011). ¿Desertores o decepcionados? Distintas causas para abandonar los estudios universitarios. Revista de la educación superior, 40(160), 29-49.