



1° Congreso Latinoamericano de Ingeniería

Entre Ríos, Argentina | Septiembre 2017

DESPERTAR DE VOCACIONES TEMPRANAS HACIA LA INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias
de la Universidad Nacional de San Luis

José Cuello
Sergio Ribotta
Daniel Morán

DESPERTAR DE VOCACIONES TEMPRANAS HACIA LA INGENIERÍA

Resumen Este trabajo presenta la fundamentación para la conformación de un taller de robótica orientado a despertar vocaciones tempranas por la ingeniería en alumnos del último año de la escuela primaria. El taller se instrumenta mediante una serie de actividades diseñadas para motivar y estimular la creatividad de los estudiantes, mediante la utilización de kits especializados. La conformación del taller se corresponde con la supervisión de distintos grupos de trabajo, los cuales constan de no más de tres alumnos, bajo la asistencia de un estudiante de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuaria (FICA). Por otra parte, esto permite estimular a los alumnos de grado en actividades de índole sociales, iniciarlos igualmente en actividades vinculadas a la docencia.

Palabras clave TIC, Educación, Robótica, Vocación.

I. INTRODUCCIÓN

Durante el año 2012 se implementó el Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI)¹, impulsado por la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación, y cuyo objetivo radicaba en incrementar la cantidad de graduados en ingeniería en un 50% en 2016, y en un 100% en 2021; para garantizar tanto la cantidad como la calidad de los recursos humanos necesarios para fortalecer el desarrollo de Argentina. Por este motivo el Ministerio de Educación impulsó, en conjunto con otros actores, la concreción del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros como un instrumento imprescindible para el logro de las metas de desarrollo planteadas. Entre éstas, caben mencionar los “Proyectos de Mejoramiento de Indicadores Académicos”, y más específicamente el objetivo de “Generar vocaciones tempranas y facilitar el tránsito entre sistemas educativos”. Esto se implementa partiendo de ciertas gestiones como el “Apoyo a la articulación entre la universidad y el secundario” y como el “Acuerdo con el Consejo Federal de Educación” que permiten consensuar competencias de acceso y de egreso de la escuela secundaria. En base a este acuerdo nacional se busca implementar, como política de estado coordinada por el Ministerio de Educación de la Nación, la puesta en marcha de proyectos entre universidades y jurisdicciones para la consecución de estas competencias en alumnos del secundario, que permita la generación de vocaciones tanto en áreas científicas como tecnológicas”.

En el marco de la “Agenda Digital” de la provincia de San Luis, dentro del cual los alumnos del nivel primario son beneficiados con una computadora de tipo portátil y las escuelas cuentan con acceso a Internet gratuito, se ha desarrollado el proyecto “Todos a la Robótica”². Este plan educativo permitió finalmente introducir material de tecnología robótica como un recurso didáctico en el aula. A partir de esta visión, actualmente se está ejecutando el proyecto en escuelas de nivel primario de la provincia, donde un equipo de asesores brinda capacitación a docentes acerca de la utilización de los kits de robótica que luego decantará en los alumnos. Dentro de los objetivos establecidos destaca la introducción de instrumentos motivadores para la enseñanza que permitan mantener el entusiasmo de los alumnos a la vez que se enfocan aspectos de diseño y lógica que excedan los problemas clásicos de lenguajes de programación, fomentando así la investigación y desarrollo en temas relacionados a la robótica y la automatización.

En la FICA, actualmente se ejecutan los Proyectos de Investigación: “Desarrollo y aplicación eficiente de sistemas mecatrónicos”³, donde se desarrollaron las bases para la construcción de un robot antropomorfo para realizar tareas de aplicación didáctica; y “El Uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la Enseñanza de la Ingeniería”⁴. Particularmente, este último plantea que el vertiginoso desarrollo de las TIC reconfigura día a día tanto la forma en la cual se percibe la realidad como la manera de apropiarse y relacionarse con el entorno. Los estudiantes de hoy se han desarrollado en un mundo radicalmente diferente al de sus generaciones anteriores y la generación de sus maestros. Las TIC tienen el potencial de cambiar las relaciones de poder tradicional durante el proceso de enseñanza y aprendizaje. Las mismas propician que los alumnos no constituyan un ente aislado del proceso de control que posee el

docente, sino que participen activamente del mismo. No obstante, las TIC permiten también liberan al docente del tedioso trabajo operativo, dándole más posibilidades de dedicarse al trabajo creativo de reformular la instrucción y crear escenarios de aprendizaje donde el alumno se traslade desde la simple comprensión y aplicación, en el mejor de los casos, al análisis y síntesis de la información y el conocimiento y al uso flexible del mismo.

Debidamente, a fines del 2015 la FICA conjuntamente con el Programa de Ingreso y Permanencia de Estudiantes, los Proyectos de Investigación ya mencionados y el aporte económico de la Fundación Acindar, se firmó un convenio de cooperación destinado a la enseñanza de Robótica en escuelas primarias. El objetivo radica que, mediante el uso de herramientas atractivas, se logre despertar de manera indirecta en los estudiantes el interés por la Matemática, Física, Química y en un futuro por las ciencias de Ingeniería. Este trabajo presenta las conclusiones y actividades desarrolladas en marco del programa “Despertar vocaciones tempranas por la Tecnología” y el desarrollo de los “Talleres de Robótica”⁵ en escuelas del nivel primario de San Luis, con el fin de captar el interés de los alumnos por la tecnología en general, y por la Ingeniería en particular

II. LA ROBÓTICA EDUCATIVA, UNA ESTRATEGIA PARA DESPERTAR VOCACIONES TEMPRANAS

Según Donald Super (1924), la elección de una carrera profesional es un proceso dinámico, que se desarrolla a lo largo de la infancia. Desde el nacimiento hasta los 14 años, aproximadamente, se va formando el autoconcepto de los individuos (qué se piensa de uno mismo), desarrollándose las capacidades, actitudes, intereses y necesidades, a la vez que se va formando una percepción general del mundo del trabajo. En este sentido, Zunker (1994) apunta a que este proceso puede verse enriquecido mediante la observación de los profesionales desarrollando su trabajo, permitiendo la identificación con los mismos. Más recientemente, Savickas (2009) revisó estas teorías, defendiendo que lo importante es centrarse en lo que el individuo puede llegar a hacer al realizar tareas concretas, y no lo que el individuo es antes de poder enfrentarse a esas tareas. Es decir, según este autor, el autoconcepto se desarrolla como combinación de las propias aptitudes, la oportunidad de observar a profesionales realizando unas tareas concretas y la capacidad de autoevaluarse mientras se llevan a cabo estas tareas. Desafortunadamente, los jóvenes tienen una visión muy limitada de las profesiones científico-técnicas y de las tareas que desempeñan en ellas sus profesionales, limitando así la oportunidad de imaginarse a sí mismos como tales profesionales en el futuro (Dewitt et al., 2013). A pesar de que muchos estudios, como los llevados a cabo por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2002), afirman que los jóvenes se benefician de recibir asesoramiento y orientación de alta calidad, apropiados para construir sus aspiraciones, algunas investigaciones evidencian que la orientación profesional se hace en muy poca medida y demasiado tarde (Archer, 2013). La orientación vocacional que los alumnos reciben en los centros escolares resulta insuficiente a tenor de los resultados obtenidos en el estudio, donde un elevado porcentaje de alumnos declara haber recibido poca o nula orientación y recomendaciones para la toma de la decisión de itinerario futuro. Las acciones de divulgación pueden tener un alto impacto en aquellos alumnos menos informados y asesorados, cubriendo parcial o totalmente esta brecha⁶.

La robótica educativa es propicia para apoyar habilidades productivas, creativas, digitales y comunicativas; y se convierte en un motor para la innovación cuando produce cambios en las personas, en las ideas y actitudes, en las relaciones, modos de actuar y pensar de los estudiantes y educadores (Pozo, 2005). La robótica educativa busca despertar el interés de los estudiantes transformando las asignaturas tradicionales (matemáticas, física, informática) en más atractivas e integradoras, al crear entornos de aprendizaje propicios que recreen los problemas del ambiente que los rodea (Zúñiga, 2006). De esta manera hace frente a la crisis actual en la educación científica y que se debe principalmente a los métodos actuales de enseñanza que hacen a estas asignaturas difíciles y poco interesantes; sembrando en el estudiante una actitud negativa hacia la ciencia y tecnología, alejándolo de carreras y profesiones relacionadas con la ciencia⁷.

La robótica propone otra forma de aprender, con prácticas sobre tecnología tangible y de forma más dinámica. Aunque se trate de un robot, que obligan a programar, a pensar como dar y cumplir una orden, entre otros aspectos, la robótica es más social que exacta. Los impulsores de la robótica coinciden en que

hay que preparar a los jóvenes para ese futuro; la mejor manera de encontrarse con él es conociéndolo, sin temores, a través del juego y en compañía de sus pares⁸.

La propuesta consiste en generar orientado a las escuelas de nivel primario “Talleres de Robótica”, orientados a alumnos del último grado de la escuela primaria. Se caracteriza por la estrategia pedagógica, el diseño del taller, la dinámica, las funciones del alumno de FICA como asistente, y las actividades programadas.

A. Estrategia pedagógica

El desarrollo de contenidos y metodologías fueron elaborados por integrantes de los Proyectos de Investigación: “El uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la Enseñanza de la Ingeniería”, el proyecto “Desarrollo y aplicación eficiente de sistemas mecatrónicos” y el “Laboratorio de Mecatrónica”.

Dentro de este marco se promueven acciones de articulación para facilitar el tránsito de alumnos entre el nivel medio o secundario y el universitario y estimular el interés por las ciencias⁹.

El uso de las tecnologías educativas son parte interdependiente de las prácticas pedagógicas desplegadas por los sujetos educativos, en tanto pueden ser incorporadas por el docente cuando pone en juego diferentes estrategias didácticas para promover el aprendizaje de un determinado contenido disciplinar en sus alumnos¹⁰.

Este trabajo presenta una propuesta de enseñanza basada en las TIC, que enfatiza los ámbitos de aprendizaje por descubrimiento guiado mediante una “enseñanza directa” compuesta por distintas fases:

- A.** Presentación de la información,
- B.** Prácticas guiadas y
- C.** Fomento de prácticas independientes¹¹.

Esta propuesta de enseñanza, comúnmente se utiliza para desarrollar habilidades y sentar procedimientos, y ha sido empleada en variadas propuestas pedagógicas y modelos de enseñanza, como “aprendizaje orientado a la solución de problemas”¹², el “aprendizaje como método de investigación” en el campo de enseñanza de las ciencias¹³, o bien, en estrategias de enseñanza de “aprendizaje cooperativo”¹⁴.

Basado en el modelo descrito se diseñó la estructura del taller de manera de permitirle al propio estudiante construir su conocimiento, apoyados en la operación de un robot como vehículo de aprendizaje y relacionando lo concreto con lo abstracto. Por otra parte, esto genera iniciativa en los alumnos, al querer apropiarse del dominio y manipulación del objeto (robot), induciendo una necesidad de pensamiento sistémico, incorporando la programación provista por un lenguaje gráfico. Todo esto converge en la creación de entornos de aprendizaje, en la que los alumnos construyen sus propias estrategias mediante las cuales adquieran del conocimiento¹⁵.

En este sentido, se utilizará a la robótica como vehículo de aprendizaje con materiales concretos, motivando a los estudiantes a construir, diseñar y explorar nuevas formas de hacer las cosas, a través del aprendizaje experimental, el trabajo en equipo y el desarrollo de su confianza y habilidades innovadoras⁸.

B. Diseño del taller

Consiste en un taller para 21 alumnos de sexto grado de las escuelas primarias, en el que se disponen 7 grupos de 3 alumnos. El tiempo estimado de 1:30hs para que se puedan dictar dos, en un turno escolar, es decir que por cada visita a una escuela se tiene la capacidad de atender a 42 alumnos en total. Cada grupo dispone de un robot móvil controlado por un microcontrolador, con dos motores de corriente continua vinculado a las ruedas que proporcionan tracción y orientación, una rueda pivote de apoyo (ver Fig. 1), más una PC notebook, en la que se instala el software provisto con el kit, para programar las diferentes tareas del robot. Este tipo de robot se puede considerar dentro del grupo de los robots móviles.

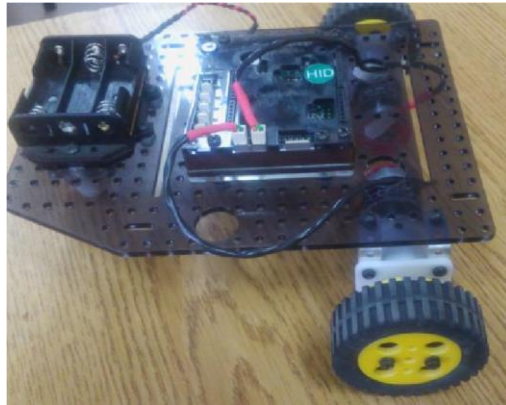


Fig. 1: Robot (armado con el Kit de RobotGrup)

C. Dinámica del taller

El taller se divide en tres etapas. La primera, comienza con una corta presentación institucional, seguida de la exposición acerca de las características del taller, por parte de un docente de la FICA, en su carácter de coordinador del grupo. Se muestra un video con diferentes robots funcionando, clasificados de acuerdo a las aplicaciones. Posteriormente se realiza una consulta para saber que aplicaciones o robots les llama más la atención. A continuación, el coordinador presenta las características del robot que se utilizará en el taller. Explica las funciones de cada uno de los diferentes dispositivos que lo componen y presenta superficialmente el entorno de programación. A esta altura pasa a ser de suma importancia la conformación del taller. Es de destacar que mientras el coordinador está al frente disertando, cada uno de los siete grupos compuestos por 3 alumnos van siguiendo las explicaciones dadas por el mismo, asistidos por un estudiante de la FICA, que previamente ha recibido un entrenamiento y ha asistido a dos talleres, solo en carácter de observador. Esta primera etapa finaliza con unas pruebas diseñadas para familiarizar al alumno con el kit. Es sorprendente la facilidad que tiene los chicos para utilizar las herramientas informáticas que son fundamentales en este taller.

En la segunda etapa, se muestra el entorno de programación de manera detallada. Es un entorno gráfico intuitivo cuyas instrucciones están asociadas con objetos representativos (ver Fig. 2). Se explican las funciones básicas y se comienzan a desarrollar las actividades programadas. Se tiene como premisa que cada alumno realice por lo menos un programa, de esta manera todos los integrantes del grupo tienen la oportunidad de interactuar con el kit y en consecuencia mantenerse integrados en el taller. Para lograr esto es fundamental la asistencia de los estudiantes de la FICA.

En la tercera etapa se reflexiona acerca de lo realizado durante el taller.

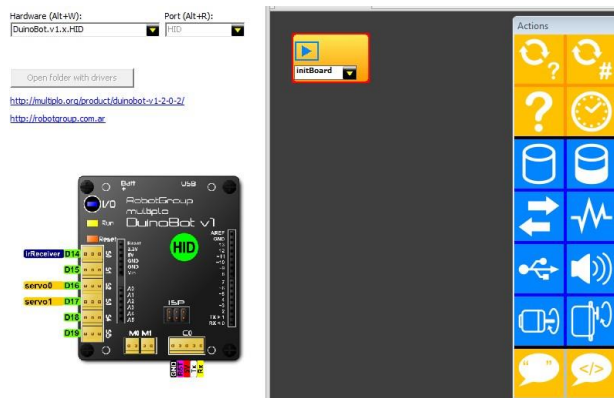


Fig. 2: Imagen del entorno de programación.

D. Funciones del alumno de FICA como asistente

Como ya se expresó cada grupo está asistido por un alumno de grado o pregrado de la FICA. Su función es verificar que las tareas de cada uno de los grupos se realicen correctamente. Se trata de que su intervención sea la menor posible, solo para ayudar cuando por alguna causa el grupo se detiene por una dificultad concreta. También es el encargado de estimular al grupo y de alentarlos a realizar la tarea con éxito. También ayuda a ampliar el alcance de cada tarea, en algunos grupos que quieren avanzar más allá de las consignas. Suelen suceder algunos inconvenientes técnicos menores en los robots, en esos casos es el encargado de solucionarlo independientemente para no afectar la dinámica del taller.

Esta actividad no remunerada, los estudiantes de la FICA, la realizan fuera del horario de clases y sin formar parte de la estructura curricular. La motivación del grupo es visitar las escuelas donde ellos estudiaron para entusiasmar y despertar vocaciones en los niños. La idea es brindar este servicio como una manera de retornar a la sociedad la posibilidad que ellos tienen de estudiar en una universidad pública.

E. Las actividades programadas

Las actividades programadas que conforman la segunda etapa del taller tienen como objetivo que los alumnos puedan utilizar el kit, programar tareas y probarlas. De esta manera se espera que en algunos despierte su interés hacia la tecnología en general y por la ingeniería en particular. Para ello se han diseñado una serie de tareas de complejidad creciente que van desafiando a los chicos logrando mantener su interés durante todo el taller.

La primera actividad es “Conocer el robot y los mandos del controlador”. Se toma contacto con el robot, se identifican los interruptores y sus funciones, el interruptor de power, el de run y el de reset. Se identifica el conector USB para vincular el robot con la PC. Se identifican los motores y demás partes del robot. Se hacen pruebas prácticas de cada interruptor prendiendo bien cada función.

Segunda actividad “Hacer girar un motor”: esto involucra conocer el entorno gráfico de programación, identificar la instrucción “motor”, configurar las opciones de motor izquierdo o motor derecho según corresponda. Giro horario y giro anti horario. Se introduce el concepto de velocidad. Se hacen pruebas prácticas con cada motor individualmente.

Tercera actividad “Mover hacia adelante a diferentes velocidades y transferir el programa”: se trabaja el sincronismo en relación al sentido de giro y la programación de la velocidad del motor. Se abordan las instrucciones necesarias para transferir el programa. Se realizan pruebas prácticas.

Cuarta actividad “El robot avanza 3 segundos y se detiene”: se introduce la función temporizador, sus características y usos. Se enseña la instrucción stop para detener el robot. Se realizan pruebas prácticas.

Quinta actividad “El robot retrocede”: se introduce el concepto de cambio de sentido. En programación se usa la introducción de valores negativos. Se realizan pruebas prácticas.

Sexta actividad “Recorrer una distancia de 1,5 metros aproximado en sentido recto”: en esta actividad combinan la configuración de la velocidad y el tiempo del temporizador. Es una actividad empírica que requiere de varias pruebas.

Séptima actividad “Girar 3 segundos y detener”: tiene como desafío para los alumnos descubrir los modos de girar y luego tratar de implementarlos. Se realizan pruebas prácticas. (Ver Fig. 3).

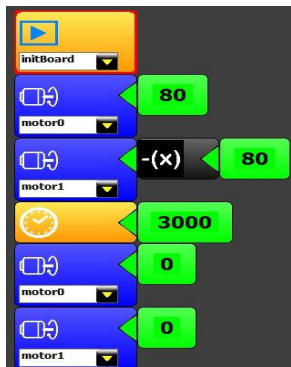


Fig. 3: Instrucciones del programa para girar 3 segundos y detenerse.

Octava actividad “Giro a la izquierda durante 2 segundos y luego giro a la derecha 3 segundos”: previo a la actividad para todos los alumnos se explica el Pivoteo (dejar fija una rueda y girar con la otra), Doblar o Girar (las ruedas en el mismo sentido, pero con velocidades diferentes) y Roldo (las ruedas en sentido opuesto a igual velocidad). Se realizan pruebas prácticas.

Novena actividad “Recreativa”. Consiste en un desafío de mayor complejidad que combina lo aprendido en las tareas previas. Esto permite a los alumnos experimentar y fomentar la creatividad. Realizar sin asistencia un programa para encontrar una solución al problema.

III. RESTRICCIONES DEL TALLER

Por razones de tiempo no se alcanza a abordar el uso de los de sensores disponibles en el kit, imitando el taller a tareas sencillas. Describir el funcionamiento aplicación y calibración de los sensores demandaría más de un taller y estaría orientado a alumnos con otra capacidad, por ejemplo, de escuelas de nivel medio.

IV. CONCLUSIONES

Uno de los objetivos de utilizar la robótica en las aulas es introducir a los estudiantes en las ciencias y la tecnología (ver Fig. 4, 5 y 6). Siguiendo el paradigma constructivista o construccionista y el aprendizaje a través del juego se puede contribuir a la construcción de nuevos conocimientos (Atmatzidou, 2008; Arlegui, 2008; Pittí, 2010; Savage, 2003)⁷.



Fig. 4: Alumnas realizando un programa

De acuerdo a los comentarios recibidos de diferentes formas, aún no se ha estandarizado una evaluación de la actividad, se ha podido verificar que el taller ha resultado interesante y atractivo para los alumnos de nivel primario y también para las maestras y directivos. También ha tenido bastante repercusión social, prueba de ello es la difusión natural en los diversos medios de comunicación de la ciudad y también de alcance provincial. Para la adquisición de los kits se ha contado con la ayuda de la Fundación Acindar, la cual inicialmente aportó tres robots y de acuerdo a sus evaluaciones positivas, incluso presenciales y su

seguimiento de la actividad fue aumentando sus aportes hasta lograr disponer de 7 kits con sus notebooks de los cuales solo uno fue adquirido por la FICA.

Si bien el resultado final buscado mediante los talleres es difícil de evaluar y no se puede obtener de manera inmediata con los alumnos que asistieron al taller, es de esperar que el contacto con estas tecnologías dé sus frutos en el futuro. El grado de entusiasmo y alegría que tiene todos los alumnos que hacen el taller es notable. De hecho, el taller está conformado para motivar y no para frustrar. Es muy importante destacar que ha permitido a la facultad ingresar a la escuela primaria con una interesante propuesta que tiene todavía bastante para desarrollar. Se tiene previsto continuar con los talleres durante el año 2017, tratando de generar mejoras y nuevas propuestas para el nivel primario e incluso para el nivel medio.



Fig 5: Alumnos transfiriendo el programa al robot

Determinados estudios arrojan datos como que las acciones de divulgación aumentan casi un 6% el número de jóvenes interesados en estudiar ciencia o tecnología o que entre los alumnos con menor rendimiento académico es donde más aumenta el número de niños interesados en realizar estudios de ciencias, matemáticas, ingeniería y tecnología tras las actividades de divulgación¹⁶



Fig. 6: Alumnos realizando la puesta en marcha del robot

Duek, sobre la posibilidad de despertar vocaciones durante el juego en edades tempranas expresa que, en muchos casos, los intereses por un juego o temática son pasajeros y se mantienen durante períodos de mucha intensidad para, luego, cambiar y renovarse. En otros casos, se ve una tendencia específica no vinculada con una profesión puntual pero sí con campos de desempeño, elecciones de temas, lecturas, juguetes que, sostenida en el tiempo, podría pensarse como parte de una trayectoria hacia el futuro¹⁷.

AGRADECIMIENTOS

Fundación ACINDAR

REFERENCIAS

- ¹ Secretaría de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación de la Nación, "Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016", 2016 [Online]. Available: http://pefi.siu.edu.ar/calidad_ing/temp/archivo/PlanEstrategicoFormacionIngenieros2012-2016.pdf, 2012
- ² Universidad Provincial La Punta, Programa "Todos a la robótica", [Online]. Available: <http://www.robotica.ulp.edu.ar/>, 2017
- ³ Universidad Nacional de San Luis, "Desarrollo y aplicación eficiente de sistemas mecatrónicos", [Online]. Available: http://www.fica.unsl.edu.ar/lyP/docs/resoluciones_pi/ResolCS130-14ProyInvFICA.pdf, 2014
- ⁴ Universidad Nacional de San Luis, "Proyecto de Investigación: El uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la Enseñanza de la Ingeniería", [Online]. Available: http://www.fica.unsl.edu.ar/lyP/docs/resoluciones_pi/ResolCS130_14ProyInvFICA.pdf, 2014
- ⁵ Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, "Talleres de Robótica", [Online]. Available: http://digesto.unsl.edu.ar/docs/201610/20161025113831_31157.pdf
- ⁶ R. Pintó, A. Satorra, D. Couso, C. Simarro, promovido por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, la Obra Social "la Caixa" y everis con la colaboración de CRECIM, Universitat Autònoma de Barcelona y Universitat Pompeu Fabra, "¿Cómo podemos estimular una mente científicamente? Estudio sobre vocaciones científicas", Barcelona, 2015
- ⁷ I. Moreno, L. Muñoz, J. Serracín, J. Quintero, K. Patiño, y J. Quiel, "La Robótica Educativa, una Herramienta para la Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias y las Tecnologías" Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, vol. 13, núm. 2, 2012, pp. 74-90 Universidad de Salamanca Salamanca, España
- ⁸ F. Carmona, C. Isaia, A. Riba, F. Frati, "Robótica Educativa: una estrategia para despertar vocaciones tempranas en Informática", IX Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología, [Online]. Available: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/38429/Documento_completo.pdf?sequence=1
- ⁹ Secretaría de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación de la Nación, "Articulación Escuela Secundaria Educación Superior" Blog: Portal de Educación, 2007. [Online]. Available: <http://portales.educacion.gov.ar/spu/cpres/articulacion-escuelasecundaria-educacion-superior/>
- ¹⁰ R., Monasterolo, M. Pesetti, S. Pereyray S. Ribotta, "Clases Demostrativas Interactivas (CDI) para el Aprendizaje Activo de la física", WorldCongress&ExhibitionEngineering 2010, Argentina. Chapter: Fids, pp1-8
- ¹¹ F. D. B. Arceo and G. H. Rojas, Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista, 2nd ed. Mexico: McGraw-Hill, 2002.
- ¹² L. Torp and S. Sage, El aprendizaje basado en problemas: desde el jardín de infantes hasta el final de la escuela secundaria. Amorrortu, 1999.
- ¹³ D. Gil Perez, "Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas," Enseñanza de las Ciencias, vol. 12, no. 2, p. 154-164, 1994.
- ¹⁴ D. W. Johnson, R. T. Johnson, and E. J. Holubec, El aprendizaje cooperativo en el aula. Buenos Aires: Paidós, 1999.
- ¹⁵ C. Crook, Ordenadores y aprendizaje colaborativo. Ciudad Universitaria, Madrid: Ediciones Morata, 1998.
- ¹⁶ E. Velasco y V. Sanchez, "Educatrónica, Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología", 1st ed. Madrid: Díaz de Santos, 2007.
- ¹⁷ C. Duek, "Crecer entre la ciencia: cómo los investigadores descubren su vocación científica", MINCYT, 2006 [Online]. Available: <http://www.mincyt.gob.ar/noticias/crecer-entre-la-ciencia-como-los-investigadores-descubren-su-vocacion-cientifica-12261>