



FORMACIÓN POR COMPETENCIAS Y ROBÓTICA PEDAGÓGICA¹

Isolda Mercedes Erck; Corina María Feltan; Héctor Darío Enríquez; Aldo Luis Caballero; Víctor Andrés Kowalski

¹Trabajo de Investigación

Resumen

Un Modelo de Formación por Competencias estructuralmente se apoya sobre tres bases: la formulación de competencias, la mediación pedagógica y un sistema de evaluación de competencias. La Robótica Pedagógica o robótica didáctica presenta excelentes características tanto para la mediación pedagógica, como para la evaluación de competencias al adaptarse al diseño situaciones problemáticas que tengan características integradoras. No solamente facilita la integración de saberes-hacer cognitivos de matemática, física y otras disciplinas, sino también saberes-hacer gestuales y socio-afectivos. Por otra parte, al poder ser trabajada inclusive desde el ingreso a carreras de ingeniería, promueve desde el inicio la formación de competencias, particularmente las genéricas, establecidas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. El presente trabajo tiene como objetivos presentar las ventajas de la Robótica Pedagógica tanto para la mediación pedagógica como para la implementación de actividades integradoras. El trabajo surge de la reflexión y del análisis posterior a la investigación bibliográfica y documental llevada adelante en el marco de un proyecto de investigación en el área de la Formación por Competencias en ingeniería, así como del diseño de una actividad mediada por Robótica Pedagógica para la disciplina Física Mecánica.

Palabras Clave: *Robótica Pedagógica – Formación por Competencias – Aprendizaje Activo – Situaciones de Integración*

Introducción

Un equipo docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (FIUNaM) desarrolló un proyecto de investigación en el área de la Formación por Competencias (FPC) que concluyó en 2014. A través del mismo se formuló y aplicó un Modelo de Formación por Competencias (MFPC) en forma exitosa en una asignatura de la carrera de Ingeniería Industrial. Posteriormente, con la intención de llegar a un modelo que pueda ser aplicado a todo el Plan de Estudios, a partir de 2015 se inició un nuevo proyecto que abarca a ocho asignaturas de la carrera. El MFPC que surgió como resultado del primer proyecto, se apoya estructuralmente sobre tres bases: la formulación de competencias, la mediación pedagógica y un sistema de evaluación de competencias.

Por otra parte, a fines del año 2015 se aprueba el Proyecto Espacio Interdisciplinario de Prácticas para la Ciencias Básicas de Ingeniería, impulsado desde la Dirección del Departamento de Física,



con el objetivo general de promover una dinámica en el proceso de enseñanza-aprendizaje, mediante la cual estudiantes y docentes interactúan entre sí.

Cuando se trabaja dentro de una asignatura de un Plan de Estudios, se pueden formular competencias para este espacio curricular, o bien, utilizar el concepto de Resultados de Aprendizaje (RA). Éste último actualmente es la tendencia más intensa en modelos orientados a la FPC en carreras de ingeniería de universidades latinoamericanas. Una vez que se formulan los RA para una asignatura, que si bien es una tarea que demanda considerable esfuerzo, los dos pasos siguientes, que son definir la mediación pedagógica y establecer un sistema de evaluación, se transforman en las actividades más exigentes y a su vez más desafiantes.

La Mediación Pedagógica hace referencia al “cómo” se va a desarrollar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Existen numerosas clasificaciones y visiones sobre este aspecto. Por ejemplo, Fortea (2009) habla de Metodologías Didácticas, en tanto, De Miguel Díaz et al. (2005) prefieren una visión más global, separando las Modalidades de los Métodos de enseñanza. Las primeras “aluden a los escenarios de las actividades” mientras que los segundos “implican a los procesos y recursos utilizados”.

Por otra parte, la evaluación de las competencias suele ser la parte más débil ya que por diversos motivos existen dificultades para diseñar actividades que respondan a situaciones problemáticas que tengan características integradoras.

En la búsqueda de mediaciones pedagógicas activas que faciliten el diseño de situaciones integradoras se ha analizado la Robótica Pedagógica (RP) como una alternativa, junto a otras, que ofrece un excelente potencial, de acuerdo al referencial utilizado en el proyecto, que está basado en la Pedagogía de la Integración propuesta por Roegiers (2007).

El presente trabajo, que surge de la articulación entre el Proyecto de FPC y el Proyecto Espacio Interdisciplinario, tiene como objetivos presentar la utilidad de la RP tanto para la mediación pedagógica como para la implementación de actividades integradoras. Finalmente se presenta un fragmento del diseño de una actividad mediada por RP para la disciplina Física Mecánica, donde se puede observar qué tipo de saberes pueden ser integrados y articulados.

Metodología

El método utilizado en el proyecto es el cualitativo dentro del paradigma pragmático, basado en una visión constructivista, debido a que el foco de la investigación está centrado tanto en los procesos como en el desarrollo e implementación de programas (Mertens, 2010). En cuanto a las estrategias de investigación se utiliza el Estudio de Caso. Las técnicas e instrumentos comprenden, entre otras, la revisión documental y bibliográfica, grupos de discusión, y la triangulación. Por otra parte, Hernández Sampieri et al. (2006) sostienen que el marco teórico es un proceso y un producto a la vez, y en este sentido, se impone presentar una fundamentación al respecto como un resultado, que surge no solamente de un discurso teórico, sino que además se fundamenta en los análisis de los resultados de la praxis. La investigación bibliográfica se centra



fundamentalmente en publicaciones referenciales sobre el RP, y, por otra parte, sobre conceptos centrales de la FPC que sostienen el proyecto de investigación.

Resultados y Discusión

Resultados de Aprendizaje, Mediación Pedagógica y Evaluación

Si bien los MFPC presentan las mayores ventajas cuando son aplicados a todo el Plan de Estudios de una carrera, también pueden ser aplicados a un espacio curricular particular, como ser una asignatura de una carrera (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2015). Como el presente trabajo se orienta a la aplicación de la RP en actividades integradoras de asignaturas del primer año de las carreras de ingeniería de la FIUNaM, en particular en la disciplina Física Mecánica que es parte de dos de las ocho asignaturas que integran el proyecto, el foco será puesto en el concepto de RA.

El Marco Europeo de Cualificaciones para el Aprendizaje Permanente, o EQF, (2009) define los Resultados de Aprendizaje (RA) como “expresión de lo que una persona sabe, comprende y es capaz de hacer al culminar un proceso de aprendizaje; se define en términos de conocimientos, destrezas y competencias”. El formato seleccionado para la redacción de los RA es el que se ajusta a la propuesta de Tobón (2013), para el caso de las competencias, y el de la Universidad de Bío Bío de Chile (UBB-Vicerrectoría Académica, 2013), para el caso de un RA, la cual es la siguiente: [Verbo de Desempeño] + [Objeto de Conocimiento] + [Finalidad] + [Condiciones de Referencia].

Una vez establecido un RA, la tarea del cuerpo docente es definir qué mediación pedagógica es la más adecuada para lo que se ha propuesto. En carreras de ingeniería es tradicional dividir las actividades en un desarrollo de conceptos teóricos por parte del profesor, y luego la realización de actividades denominadas “prácticas” en las que los alumnos resuelven ejercicios y/o problemas, y algunas veces se complementa con “prácticas de la laboratorio”. En un MFPC esto no está bien ni mal, sino que depende de cómo se lo haga. Para ello hay que tener en cuenta que cuanto más “activa” sea la participación del alumno, tanto más significativo será el aprendizaje (Fernández, 2006). Además, un método no es “activo” por sí mismo, y en este sentido Fortea (op. cit.) toma como ejemplo una práctica de laboratorio, la cual puede ser muy pasiva o muy activa, dependiendo que sean “experimentos rutinarios totalmente especificados por el profesor” para el primer caso, o “investigaciones guiadas en las que el estudiante puede proponer hipótesis a probar”, para el segundo caso.

Por otra parte, Le Boterf (2010) sostiene que un profesional competente es aquél que moviliza, ante una determinada situación, “una combinatoria apropiada de recursos (conocimientos, saberes hacer, habilidades, razonamientos, comportamientos, ...)” afirmando que “Disponer de un equipamiento de recursos es una condición necesaria pero no suficiente para ser reconocido como competente” (ibídem). En este sentido los recursos son saberes-hacer cognitivos, gestuales y socio-afectivos (Roegiers, op. cit.). Si bien, tanto el aprendizaje de los recursos como el



desarrollo de actividades relacionadas a las situaciones son formativas y evaluativas, es en las situaciones de integración donde se puede evaluar la articulación de recursos. El punto central entonces pasa por el diseño de las actividades de integración, y para ello uno de los referenciales que ha mostrado ser efectivo es el que propone Roegiers (op. cit.). Este referencial implica tres ejes: las “características de una situación” (integración, producción esperada del alumno y rasgos de situación a-didáctica), los “constituyentes de una situación” (soporte, tarea y consigna), y finalmente el “carácter significativo de una situación”. El último eje es el que lleva al alumno a movilizar sus saberes, le plantea un desafío a la medida de sus posibilidades, le es directamente útil o funcional, pone en evidencia la utilidad de los diferentes saberes, interroga al alumno sobre la construcción del conocimiento, le permite explorar las fronteras de los campos de aplicación de esos saberes, pone en evidencia las diferencias entre la teoría y la práctica así como el aporte de las diferentes disciplinas y le permite al alumno medir la distancia entre lo que sabe para resolver una situación compleja y lo que todavía tiene que aprender.

En la búsqueda de situaciones integradoras, así como su mediación pedagógica, en el sub-apartado siguiente se analiza la RP como una alternativa

Robótica Pedagógica mediando la integración

La robótica articula diversas ingenierías (mecánica, eléctrica, electrónica, computación) para realizar actividades que van desde el diseño hasta el uso de robots. Maza, Méndez, Torres y Mamaní (2011) definen al robot como “una máquina con componentes electrónicos y mecánicos, dotado de elementos para percibir su entorno y diseñado para actuar en el mismo con una determinada capacidad de decisión”.



Si bien Robótica Pedagógica (RP) (también denominada Robótica Educativa) ya es un campo de la educación de larga data, las definiciones sobre este concepto son variadas. Chavarría y Saldaño (2010) consideran “como una integración de lo que es la tecnología y el curriculum educativo”, en tanto Ghitis Jaramillo y Alba Vásquez (2014) remiten a “un espacio de diálogo entre la ingeniería, la didáctica y la pedagogía que permite el análisis y la reflexión de las posibilidades que brindan los artefactos electrónicos programables (robots)”. No obstante, más que adoptar una definición, desde la FPC interesa reconocer sus potencialidades y ver cómo puede transformarse en una mediación para el diseño de situaciones de integración. ¿Porqué interesa esto? Por la sencilla razón de que se trata de una actividad que ya está instalada en nuestro país a través de los planes impulsados por el Estado, mediante los cuales los alumnos antes de ingresar a la universidad están experimentando y aprendiendo con robots. Esto remite a otra pregunta: ¿qué respuestas tiene la universidad para dar continuidad a esas nuevas formas de aprender? Otros países latinoamericanos ya están dando respuestas concretas a través de diferentes programas formalizados en el ámbito universitario en el campo de la RP. Numerosas publicaciones dan cuenta de experiencias que demuestran cómo la RP contribuye a la formación de competencias genéricas: emprendedorismo, innovación, trabajo en equipo, creatividad, entre otras.

La RP, sea conceptualizada como contexto de aprendizaje, como disciplina, o como actividad pedagógica, pertenece al mundo de la tecnología educativa, y por tanto se entrelaza con las TIC, por los recursos que utiliza. Desde esa posición, y sobre los aportes de Papert, Pittí et al (2010) consideran que lo que debe discutirse es si se usa la tecnología como medio de información o como medio de construcción. Construir algo para aprender entonces se basa sobre la teoría del aprendizaje denominada Construccionismo, desarrollada por Papert. Por ello estos autores sostienen que la RP asume un “carácter polivalente y multidisciplinario” lo cual posibilita que “aprendiendo a diseñar, construir y programar robots se adquieren diferentes conceptos provenientes de distintos campos del saber, como: las matemáticas, las ciencias naturales, la tecnología, entre otras” (Pittí et al, op. cit.). Sin embargo, hay aspectos que “condicionan su utilidad pedagógica” (Pittí et al, op. cit.): elección del material, alumnado, educador, currículo e instalaciones. Este conjunto de factores debe ser adecuadamente tratado y contextualizado, para no caer en lo que afirma García (2009) “entendemos que usar las tecnologías para hacer un poco más bonito o llamativo algo que hacíamos perfectamente sin ella, es desperdiciar las potencialidades que están a nuestro alcance”. Los factores “elección del material” y “las instalaciones”, están cubiertos institucional y financieramente en la FIUNaM, a través de los kits de RP que se incorporaron mediante el Proyecto Espacio Interdisciplinario. Con respecto al alumnado, que no es una variable a controlar sino un colectivo humano que debe ser interpretado y contextualizado, debe hacerse referencia a las generaciones de nativos digitales actuales que ingresan a la FIUNaM. En tanto, el aspecto que eventualmente puede provocar más condicionamientos es el papel del “educador”.



Interesa aquí particularmente el factor “currículo” enunciado por Pittí et al. (op. cit.). En este caso es el enfoque de FPC el cual otorga un marco apropiado, considerando a la RP como Mediación Pedagógica y como posible generadora de Situaciones de Integración.

Con relación a la mediación pedagógica la RP puede ser considerada como un contexto para el desarrollo de la Formación Experimental (FE), la cual está definida en la Resolución del Ministerio de Educación (ME) 1054/02 (Argentina, 2002) que regula los procesos de acreditación de Ingeniería Industrial. Según esta norma la FE es la “actividad experimental vinculada con el estudio de las ciencias básicas así como tecnologías básicas y aplicadas” lo cual involucra al “trabajo en laboratorio y/o campo que permita desarrollar habilidades prácticas en la operación de equipos, diseño de experimentos, toma de muestras y análisis de resultados”. La cuestión fundamental es centrar el foco en la experimentación “por” los estudiantes. En este sentido Campos (2012) señala que “Todo experimento tiene como objetivos: presentar un contenido científico o tecnológico y desarrollar habilidades y competencias relativas a la práctica profesional del ingeniero”. Desde este enfoque, y adecuadamente tratada en un determinado curso como ser alguna asignatura que se relacione con la disciplina Física Mecánica la RP reúne los requisitos para ser considerada una actividad de FE

En tanto, si las actividades mediadas por la RP se diseñan siguiendo el referencial propuesto por Roegiers (op. cit.) también se puede arribar a resultados que no pueden ser fácilmente obtenibles por otros medios. Para ello el diseño de la situación debe ser adecuado en relación a los componentes de los dos primeros ejes: debe haber posibilidades de integración, así como una producción esperada del alumno, y disponer de los constituyentes de la situación: soporte, tarea y consigna. Sin embargo, en este punto hay que tomar las precauciones necesarias para que la tarea y la consigna sean suficientemente abiertas para estimular la creatividad, pero tampoco excesivamente abiertas para que se alcance la solución de un determinado problema. Al otorgarle a la situación rasgos de situación a-didáctica, es el docente quien tiene que tener muy en claro cuándo y dónde deben hacerse las intervenciones. Ejemplos prácticos de RP para ser rediseñados a adaptados pueden ser encontrados en Alimisis (2009).

A modo de ejemplo se considera seguidamente el diseño de una actividad de FE mediada por RP para la disciplina Física Mecánica prevista para que los alumnos trabajen en grupo. Esta actividad podría corresponder tanto a la asignatura Física 1 o Mecánica Racional de las carreras de la FIUNaM que integran el Proyecto de FPC, en torno a un RA relacionado a la Cinemática de la Partícula. Si bien los detalles completos no pueden ser expuestos por razones de espacio, los alumnos pueden integrar y articular algunos de los saberes que se mencionan a continuación.

Saberes-hacer Cognitivos:

- Escoger un sistema de referencia para analizar el movimiento del robot.



- Establecer los diferentes tipos de errores que se pudieran cometer en las mediciones realizadas durante la experiencia.
- Reconocer la falta de determinados datos y establecer supuestos.
- Aplicar conceptos de desplazamiento, velocidad media y velocidad instantánea al movimiento seguido por el robot.
- Asociar ecuaciones de posición y velocidad con el movimiento seguido por el robot.
- Argumentar los resultados representados en las ecuaciones y en los gráficos.

Saberes-hacer Gestuales:

- Registrar valores de posición y tiempo del movimiento seguido por el robot especificando las unidades.
- Representar gráficamente los valores medidos y calculados del conjunto de mediciones realizadas.
- Representar vectorialmente las magnitudes físicas analizadas.
- Operar con dispositivos digitales y tecnológicos.
- Manipular los distintos elementos de medición.

Saberes-hacer Socio-Afectivos:

- Trabajar en Equipo: que incluye, por ejemplo, interactuar en grupos heterogéneos; promover una actitud participativa y colaborativa entre los integrantes del equipo, entre otros.
- Comunicarse con efectividad: que incluye, por ejemplo, expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita; producir textos técnicos (descriptivos, argumentativos y explicativos), entre otros.

Este listado no es exhaustivo, ya que dependiendo del nivel de complejidad que se proponga y lo que se espera que los alumnos produzcan luego de finalizada la actividad se pueden trabajar otros saberes-hacer.

Conclusiones



Se sostiene que un problema bien planteado es un problema medio resuelto. Hasta aquí se han presentado las ventajas de la RP tanto para la mediación pedagógica como para la implementación de actividades integradoras. Los argumentos esgrimidos que surgen de la investigación bibliográfica y de la reflexión no pueden ser considerados como concluyentes hasta que no se implementen efectivamente diferentes actividades de RP y luego sean evaluadas en cuanto a su impacto. No obstante sí se puede concluir que son viables y que tienen numerosas ventajas y potencialidades, particularmente en un enfoque de FPC como parte de los medios para la enseñanza de la disciplina Física Mecánica en ingeniería.

Uno de los principales desafíos a resolver pasa por el adecuado diseño de las situaciones de integración ya que la RP naturalmente articula diversas disciplinas (matemática y física, por ejemplo). Esto no es solamente un desafío para los alumnos sino el propio cuerpo docente, tanto los que estén a cargo de este tipo de actividades en forma directa, así como los que en forma indirecta realizarán aportes desde sus propios espacios curriculares. Si se pretende que el alumno se motive, y articule e integre diferentes contenidos, debe percibir que existe una unidad de trabajo. Ello implica a su vez información, concientización, probables revisiones de planificaciones de asignaturas en cuanto a modalidades, intensidades y cronogramas.

Por ello resulta imprescindible generar previamente un ámbito de diálogo constructivo, mediante el cual todos aporten a un objetivo común. El docente debe entonces comprender que en estos procesos el estudiante construye su propio conocimiento y debe abandonar su posición de “transmisor” para asumir el rol de orientador, que no siempre debe “saberlo todo”. La evaluación debe hacerse en forma conjunta con el estudiante, y debe ser formativa, no punitiva. Las producciones resultantes (los robots) funcionan o no funcionan, cumplen o no cumplen el objetivo. Esta tarea no se resuelve en forma individual, sino en forma cooperativa con un grupo, y con la orientación del profesor, y los resultados deben finalmente ser alcanzados.

Finalmente se puede afirmar que la RP se presenta como una Mediación Pedagógica, dentro de la Formación Experimental, con muchas potencialidades, que no solo contribuye a la formación de competencias específicas disciplinares, sino también a las genéricas, relacionadas a los saberes-hacer socio-afectivos.

Referencias

Alimisis, D. (editor). (2009). *Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods*. Atenas: School of Pedagogical and Technological Education (ASPETE).



- Argentina. Ministerio de Educación. *Resolución 1054/02. Estándares para la acreditación de Ingeniería Industrial*. Buenos Aires: Boletín Oficial N°30.014, 2002.
- Campos, P. *O ensino reflexivo em experimentos de laboratório didático na engenharia* (tese). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.
- Comisión Europea (2009). *El Marco Europeo de Cualificaciones para el aprendizaje permanente (EQF-MEC)*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- Chavarría, M. & Saldaño, A. (2010). La robótica educativa como una innovativa interfaz educativa entre el alumno y una situación-problema la robótica educativa como una innovativa interfaz educativa alumno-problema. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*, número 2, 4-12.
- De Miguel Díaz, M. (Dir.) (2006). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior*. Oviedo: Ediciones de la Universidad de Oviedo.
- Fernández, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio siglo XXI*. Murcia: Universidad de Murcia, v. 24., p.35-56.
- Fortea, M. (2009). *Metodologías didácticas para la Enseñanza/Aprendizaje de Competencias*. Castellón: Unitat de Suport Educatiu - Universitat Jaume I.
- García, J. M. Educación y TIC. (2009). En G. Rabajoli, M. Ibarra (comp): *Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el aula: Plan CEIBAL, MEC-ONU*, Montevideo, 20-24. Recuperado el 01 de diciembre de 2015 de https://www.academia.edu/10899503/Educaci%C3%B3n_y_TIC.
- Ghitis Jaramillo, T. & Alba Vásquez, J. A. (2014). Los robots llegan a las aulas. *Revista Infancias Imágenes*, volumen 3 número 1, 143-147.
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, M. P. (2006). *Metodología de la Investigación*. 4ed. México D.F.: McGraw-Hill.
- Le Boterf, G. (2010) *Professionnaliser. Construire des parcours personnalisés de professionnalisation*. 6 ed. Paris: Éditions d'Organisation Groupe Eyrolles.



Maza, R. D., Méndez, E. A., Torres, J. A. & Mamaní, G A. *Taller de robótica en la escuela*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2015 de http://www.unlp.edu.ar/uploads/docs/maza_y_otros_taller_de_robotica_en_la_escuela.pdf.

Mertens, D. (2010). *Research and Evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity with Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. 3rd. ed. California, London, New Delhi: SAGE Publications.

Observatorio de innovación educativa del Tecnológico de Monterrey (2015). *Educación Basada en Competencias (EBC)*. Monterrey: Tecnológico de Monterrey.

Pittí, K., Curto Diego, B., y Moreno Rodilla, V. (2010). Experiencias constructoras con robótica educativa en el centro internacional de tecnologías avanzadas. *Revista Teoría de la Educación*. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, volumen 11, número 1, 310-329.

Roegiers, X. (2007). *Pedagogía de la integración: Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza*. 1a ed. San José: Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana y AECI. Colección IDER (Investigación y desarrollo educativo regional).

Tobón, S. (2013). *Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación*. 4a ed. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Universidad Del Bío-Bío. Vicerrectoría Académica (2013). *Manual de Elaboración de Programas de Asignaturas: Material de apoyo para la implementación del Modelo Educativo en el marco del proceso de Renovación Curricular en la Universidad del Bío-Bío*. Concepción, Universidad del Bío-Bío.