

La aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas en carreras de Ingeniería

Nidia A. Dalfaro, Carmen G. Del Valle y Nancy F. Aguilar
Facultad Regional Resistencia UTN, ndalfaro@frre.utn.edu.ar

Resumen— El Grupo de Investigación Educativa sobre Ingeniería viene realizando investigaciones sobre las competencias matemáticas en carreras de formación ingenieril desde hace siete años.

Nuestra metodología de trabajo se enmarca en la Investigación Acción. Hemos transitado por todas sus etapas: planificación, acción, observación y reflexión.

En este contexto realizamos la aplicación y el posterior análisis de la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas en dos asignaturas de primer año de la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional.

La implementamos para desarrollar el tema Transformaciones Lineales, en la asignatura Álgebra y Geometría Analítica de la carrera Ingeniería Electromecánica.

Por otro lado, en la carrera Ingeniería en Sistemas de Información se trabajó en la asignatura Matemática Discreta, con el tema Grafos.

Luego de este proceso, compartimos esta experiencia con docentes de nuestra Facultad, en dos Seminarios Taller desarrollados en dos años consecutivos.

En esta oportunidad queremos compartir el recorrido realizado y las conclusiones a las que hemos arribado.

Palabras clave— aprendizaje, competencias, ingeniería.

I. INTRODUCCIÓN

El GRUPO UTN GIESIN (Grupo de Investigación Educativa sobre Ingeniería) surgió en el año 1999 en el ámbito de la Facultad Regional Resistencia (FRRe) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN).

Su propósito es realizar análisis referidos a temas pedagógicos e institucionales particulares. Por su composición interdisciplinaria trata problemáticas transversales de la Institución.

Uno de los equipos de trabajo del GIESIN, desde hace siete años, viene desarrollando investigaciones sobre educación basada en competencias, específicamente competencias matemáticas en carreras de ingeniería y sus estrategias de enseñanza y aprendizaje. Este grupo dirigido por la Mg. Prof. Nidia A. Dalfaro, está integrado por: una Dra. en Educación, tres Especialistas en Docencia universitaria, dos de ellas Profesoras en Matemática y una Ingeniera en Sistemas de Información. Actualmente cuenta con una adscripta, también Especialista en Docencia Universitaria e Ingeniera civil.

El Primer Proyecto se denominó “Relación entre las competencias reales de los aspirantes y las requeridas a los ingresantes en las carreras que se dictan en la FRRe de la U.T.N.” (2010-2013)

El objetivo de este proyecto fue identificar las competencias matemáticas construidas en el nivel medio por los aspirantes a ingresar en la FRRe de la UTN, relacionándolas con las necesarias para su desempeño en la

Universidad. Su fin era conocer la brecha existente entre ambos niveles educativos.

Finalizado el mismo se inició el Proyecto “Las competencias matemáticas y su desarrollo curricular en los primeros años en carreras de ingeniería. El caso de la Facultad Regional Resistencia”. (2014-2016)

Su objetivo fue plantear propuestas de enseñanza de las matemáticas basadas en el aprendizaje por competencias, su seguimiento sistemático y correspondiente evaluación. Como corolario de esta experiencia surgió un nuevo Proyecto de investigación que se denominó “El desarrollo de las competencias en materias integradoras de las carreras de Ingeniería Química y Electromecánica de la FRRe de la UTN”. (2017-2019).

En este último Proyecto nos propusimos seguir avanzando con la aplicación de los conocimientos obtenidos durante estos siete años de investigación. Trabajaremos en otras asignaturas más específicas como, por ejemplo, algunas materias integradoras de las carreras de Ingeniería Electromecánica (IEM) e Ingeniería Química (IQ).

En pos de una mejor comprensión de los desarrollos realizados, queremos compartir nuestros inicios y el recorrido realizado hasta hoy.

II. MATERIALES Y METODOS

En los Proyectos mencionados se realizó un estudio descriptivo-explicativo que combinó procedimientos de obtención de información y de análisis cualitativos y cuantitativos. Dichos procesos se encuadraron en la metodología de investigación-acción (I-A). Lejos de agotarse en la etapa de indagación, se buscó capitalizar los resultados obtenidos para una propuesta de mejoras sustantivas en el campo de la práctica profesional docente. Por la fuerte conexión que tiene con la práctica pedagógica, la I-A puede definirse por su propio método de trabajo, que tiene como ejes centrales los siguientes ciclos o fases: planificación, acción, observación y reflexión. Estas fases mantienen una interrelación constante conformando, según Carr y Kemmis [1] una espiral autorreflexiva. Según Elliott [2] la I-A, es una forma de autoperfeccionamiento por parte del profesor.

Para cumplir los objetivos del Primer Proyecto, mencionado más arriba, se realizó el seguimiento del desempeño académico de los alumnos seleccionados para la muestra, durante el cursado del Seminario Universitario (S.U.) y de la asignatura Álgebra y Geometría Analítica (A y G.A.)

Se recogió información mediante una serie de herramientas tales como: documento sobre competencias de ingreso del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) [3], diseños curriculares del Nivel Medio,

informes del S.U., evaluaciones diagnósticas, entrevistas a profesores del S.U. y a docentes del nivel medio, aplicación de encuestas a los aspirantes e ingresantes.

La información institucional se obtuvo del sistema informático de la Dirección Académica de la Facultad (SYSACAD), de los informes del S.U. y de la cátedra A. y G.A., diseños curriculares, reglamentos de estudio e informes académicos.

El universo lo conformó la totalidad de los cursantes del S.U. de la FRRe de la UTN.

Para llevar adelante la experiencia se seleccionó una muestra, aspirantes de una comisión de cada turno del S.U. y de cada una de las carreras de ingeniería de la facultad.

Luego, en A. y G.A. se trabajó con los mismos estudiantes del S.U. que habían aprobado el ingreso y que estaban cursando la asignatura.

Finalizado este Proyecto, como consecuencia de lo indagado, en el año 2014 iniciamos el segundo Proyecto "Las competencias matemáticas y su desarrollo curricular en los primeros años en carreras de ingeniería. El caso de la Facultad Regional Resistencia".

Se diseñaron propuestas de enseñanza y aprendizaje basadas en competencias, mediante la estrategia Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), que fueron aplicadas en diferentes desarrollos temáticos, completando ciclos didácticos de inicio y fin de los mismos, con instancias de evaluación formativas y sumativas. Para asegurar su correcta aplicación, se capacitó a los docentes que participaron.

Se recogió información mediante una serie de herramientas tales como: revisión documental, profundización y actualización de la bibliografía específica y de documentos curriculares de las asignaturas, capacitación de los docentes de las asignaturas involucradas. El Tipo de información y los lugares de donde se obtuvieron fueron similares al Proyecto anterior.

El universo lo conformó la totalidad de los cursantes de las asignaturas de A. y G. A. y de Matemática Discreta de la FRRe de la UTN.

Para llevar adelante la experiencia se seleccionó una muestra que consistió en un curso de experimentación y uno de control en cada una de las asignaturas. La experiencia consistió en la aplicación del ABP 4x4 para grupos numerosos ya que Matemática Discreta y A. y G.A. son asignaturas de primer año. Describimos la metodología mencionada, más adelante en la sección Resultados.

Uno de nuestros propósitos fue compartir con los docentes de nuestra Facultad lo hallado en nuestras investigaciones.

A raíz de lo cual organizamos un Seminario Taller al que denominamos "Las competencias matemáticas en la formación del ingeniero". En este contexto surgió, a pedido de algunos profesores y autoridades de la Regional el Proyecto "El desarrollo de las competencias en materias Integradoras de las carreras de Ingeniería Química y Electromecánica de la FRRe de la UTN" en el cual estamos trabajando.

Con Instrumentos de recolección similares a los Proyectos anteriores se analizarán documentos curriculares de las asignaturas y carreras, y se capacitará a los docentes de las asignaturas involucradas para el diseño de propuestas de enseñanza y aprendizaje basadas en competencias.

Luego de aplicar la propuesta diseñada, y de un seguimiento a través de observaciones de clases y entrevistas a los profesores de las asignaturas

seleccionadas, se aplicarán encuestas de satisfacción a los estudiantes.

Por último, verificaremos el rendimiento académico de estos consultando el SYSACAD.

El paso final será comprobar el cumplimiento de los objetivos propuestos, evaluar la experiencia y proponer las posibles modificaciones que surjan para posteriores implementaciones.

III. RESULTADOS

De las observaciones realizadas durante el primer Proyecto, concluimos que los diseños curriculares de los niveles Medio y Superior no presentaban grandes incoherencias. Ambos diseños planteaban tratamientos academicistas de la disciplina por lo que poco aportaban a la construcción de competencias matemáticas para las carreras ingenieriles, proponiendo un lenguaje sumamente especializado con ejercicios formales y de resolución abstracta.

Los resultados generales del análisis realizado mostraron un escaso desarrollo de las competencias matemáticas de egreso del nivel medio. Como así también de aquellas pretendidas luego de la aprobación del S.U.

Decidimos continuar la investigación con un relevamiento de los rendimientos académicos de los estudiantes en las asignaturas A. y G.A. y Matemática Discreta, tomando las cohortes 2011, 2012 y 2013. Entendiendo que "las variables que condicionan el rendimiento académico de los estudiantes universitarios son muy numerosas y constituyen una intrincada red en la que resulta harto complejo ponderar la influencia específica de cada una..." [4] Por ello, no profundizamos en los condicionantes, sino que observamos y analizamos las características de dichos rendimientos para identificar los "puntos críticos" para los estudiantes, con especial atención en aquellos que se presentaron de manera recurrente.

Introduciéndonos en los contextos de análisis, realizamos una caracterización de los espacios curriculares y modalidades de dictado y aprobación.

En los últimos años, se implementaron distintas modalidades de cursada. Los motivos que provocaron estas acciones se debieron a consideraciones por parte del profesorado acerca de la necesidad de proporcionar a los estudiantes mayor tiempo para decantar los contenidos de las asignaturas de Ciencias Básicas. Consideraban que con la cursada cuatrimestral, éstos no podían reflexionar y aprehender apropiadamente dichos contenidos. La diversidad de modalidades de cursada también fue considerada como una variable que afectó el rendimiento de los estudiantes.

El análisis detallado del rendimiento académico en el primer año de las ingenierías en estas dos asignaturas básicas, nos ha permitido identificar una serie de comportamientos que iluminaron la toma de decisiones para la continuidad de la investigación.

Para ambas asignaturas pudimos observar una marcada tendencia de descenso en los porcentajes de alumnos que promocionaban y/o regularizaban las asignaturas bajo estudio.

Esto nos llevó a reflexionar sobre la necesidad de adecuar los contenidos y las actividades hacia los campos profesionales de las carreras para "recuperar" desde conocimientos contextualizados los aprendizajes de los estudiantes.

Identificando los contenidos de A. y G.A., que fueron examinados en los diferentes parciales, pudimos afirmar que el tema Transformaciones lineales era el que más dificultades presentó para su aprobación y por ende fue elegido para la innovación curricular.

En Matemática Discreta, los rendimientos académicos más bajos se encontraron en el tercer parcial, vinculado a los siguientes temas: Teoría de Grafos y Estructuras algebraicas. El primero de ellos fue seleccionado para trabajar con la propuesta de aprendizaje por competencias.

Es claro que, en general, el estudio de las ciencias básicas plantea serias dificultades a los alumnos, sobre todo en los primeros años. Los docentes de dichas asignaturas entienden que parte de esa dificultad se plantea por la falta de conexión entre los contenidos desarrollados y los problemas específicos de la profesión. Adicionado a esta cuestión se plantea la falta de motivación por parte de los alumnos debido al alto nivel de abstracción que plantean dichos contenidos, a los cuales no pueden relacionar con la elección de la carrera.

Por este motivo, y dado que las estrategias tradicionales de enseñanza no generaban los resultados previstos, decidimos trabajar en el diseño de otra estrategia que coadyudara en el desarrollo de competencias, para que el estudio de los temas de matemáticas resultara significativo para los estudiantes.

Por lo tanto, planteamos la secuencia didáctica que luego implementamos en las asignaturas y temas escogidos. A partir de lo relevado trabajamos, con el propósito de plantear propuestas de enseñanza de las matemáticas basadas en el aprendizaje por competencias, su seguimiento sistemático y correspondiente evaluación.

Como estrategia central de aprendizaje por competencias adoptamos, de acuerdo con las necesidades contextuales, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

La estrategia de ABP fue definida por Barrows [5] como un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos.

El mismo fija sus características fundamentales y entre ellas podemos citar: el aprendizaje está centrado en el alumno, se produce en pequeños grupos, los profesores son facilitadores o guías, los problemas son el foco de organización y estímulo para el aprendizaje y la nueva información se adquiere a través del aprendizaje autodirigido.

Por otra parte, Escribano y Del Valle [6], definen el ABP como “un sistema didáctico que requiere que los estudiantes se involucren de forma activa en su propio aprendizaje hasta el punto de definir un escenario de formación autodirigida”. Puesto que son los estudiantes quienes toman la iniciativa para resolver los problemas, afirman que “es una técnica en la cual ni el contenido ni el profesor son elementos centrales.”

En tanto que Torp y Sage [7] coinciden en definirlo como “una experiencia pedagógica (práctica) organizada para investigar y resolver problemas que se presentan enredados en el mundo real”. Aclaran que “es un organizador del curriculum y también es una estrategia de enseñanza, dos procesos complementarios”. Entre las características principales del ABP mencionan que “compromete activamente a los estudiantes como responsables de una situación problemática” y “crea un ambiente de aprendizaje en el que los docentes alientan a los estudiantes a pensar y

los guían en su indagación, con lo cual les permiten alcanzar niveles más profundos de comprensión.”

Por lo tanto, para la aplicación del ABP en los temas mencionados en las respectivas asignaturas, seleccionamos problemas que permitieron a los estudiantes darse cuenta que no tenían los conocimientos teóricos necesarios para abordar los mismos y a los docentes ejercer el rol de orientadores en la búsqueda de esos nuevos saberes y destrezas para poder resolverlos. Diseñamos además una lista de control que nos permitió ir analizando, clase por clase, el desempeño de cada integrante de los grupos e intervenir cuando era necesario.

La metodología seleccionada fue el ABP 4x4, por considerarla como la más óptima para emprender esta tarea dada las características de los grupos con los que trabajamos. Esta metodología es una adaptación del ABP original dirigida al aprendizaje autorregulado y activo de pequeños grupos orientados por un tutor. En esta oportunidad, la misma permite la posibilidad de trabajar con grupos más numerosos, autodirigidos y supervisados por un solo tutor que va recorriendo los subgrupos de trabajo.

Existen numerosos trabajos en investigación educativa que han estudiado y comprobado que el ABP 4x4, es una efectiva metodología para la formación de competencias profesionales, transversales o específicas en carreras de formación profesional.

Se fundamenta en los mismos principios didácticos: el trabajo con un problema de interés disciplinar y profesional, que actúa como disparador y encuadre de interrogantes acerca de lo conocido y lo no conocido por el grupo de estudiantes autorregulado; identificado aquello que no conocen y deberían conocer para comprender mejor el problema, se plantean los objetivos de aprendizaje para orientar la búsqueda y la lectura bibliográfica que les permita avanzar en la tarea, la puesta en común y la discusión entre pares de aquello que hayan podido estudiar, como aporte a todo el grupo; y el avance del mismo hacia una mejor comprensión, y, en algunos casos, la solución del problema planteado.

Se siguieron los cuatro pasos propuestos por los autores Martin et al [8]: Análisis inicial del problema, Investigación, Resolución y Evaluación, reconocidos por la sigla AIRE.

En A. y G.A. para desarrollar el tema Transformaciones Lineales, se trabajó con el problema “Graficando con mi computadora”. En Matemática Discreta el problema se denominó “Diseño del predio de una universidad” donde se trabajó el tema Grafos.

El desarrollo de las actividades fue el siguiente:

En la primera sesión se explicó la metodología ABP, se conformaron los grupos por afinidad, de no más de cinco integrantes. Cada grupo eligió un coordinador y un secretario. Una vez organizados los grupos se entregó el problema a resolver, distribuyéndose las tareas a realizar.

En la segunda sesión los grupos continuaron trabajando con el problema, consultando material bibliográfico y sitios de internet, siendo asesorados por las profesoras. Al finalizar se hizo una puesta en común para aclarar dudas.

La resolución del problema se llevó a cabo en la tercera clase. Por último, en la cuarta sesión se evaluó lo realizado mediante la exposición de los grupos.

Finalizada la tarea se aplicó una encuesta de opinión anónima a los estudiantes. Desde su punto de vista, los resultados obtenidos indicarían una actitud positiva hacia esta estrategia de enseñanza. Ellos mismos señalaron que despertó su curiosidad y esto ocasionó una oportunidad para

respuestas a preguntas que los propios alumnos se realizaron. Con el correr de las clases cayeron en la cuenta que debían trabajar más por su propia iniciativa, que bajo la dirección de un docente.

Los alumnos acordaron que debían definir su propia estructura de trabajo, que debían monitorear su propio avance, porque si bien el docente continuaba con el rol del supervisor, ya no era el protagonista activo como en una clase magistral.

En las entrevistas con los docentes, éstos manifestaron la necesidad de mayor cantidad de tiempo de clase, el cambio de su rol pasivo estimulando a los alumnos a tomar decisiones, trabajar en equipo y desarrollar sus habilidades personales.

Éstas y otras observaciones nos alentaron a mejorar las prácticas con esta metodología y a continuar con nuestras investigaciones. En años posteriores volvimos a aplicar la encuesta de opinión a los estudiantes quienes señalaron como aspectos positivos que: “el ABP ayuda a buscar información sobre el tema en distintos lugares”, “aprendemos mucho con los compañeros sobre el tema”, “se estimula el debate”, “podemos ver como con las matemáticas se pueden solucionar problemas relacionados con la carrera” y “elaborar nuestras propias hipótesis”. Además, mejoró el trabajo en equipo, se configuró un grupo de WhatsApp para desarrollar el mismo y terminado el tema siguieron en contacto, estimulando el desarrollo de habilidades sociales. Este tipo de problemas sirvió entonces para acercarlos más a la vida ingenieril y mejorar la interrelación con los compañeros.

Entre los aspectos negativos algunos dijeron que no se organizaron correctamente como equipo debido a que dejaron todo hasta el último día, sintieron incertidumbre, dudas con respecto a algunos problemas a resolver, escasa cantidad de docentes para el número de alumnos, entre otros.

Queremos destacar que dado los resultados positivos obtenidos con esta experiencia decidimos dictar un curso para docentes de la facultad sobre el tema. Se trabajó desde el formato de seminario-taller, con encuentros presenciales y actividades mediadas por entorno virtual a través de la Plataforma Moodle de la Facultad.

En general los profesores que realizaron el curso opinaron que la experiencia fue muy satisfactoria. Algunos manifestaron su intención de implementar la misma en sus respectivas cátedras.

A raíz de la aceptación que tuvo el seminario entre los docentes, volvimos a implementar el curso al año siguiente.

Entre los participantes del Seminario Taller del pasado año se encontraban profesores titulares y autoridades de la Regional, quienes solicitaron trabajar al año siguiente en forma conjunta con los integrantes de este grupo de investigación para aplicar la metodología ABP en las materias integradoras de las carreras de IEM e IQ dando origen al Proyecto en el que estamos trabajando actualmente.

IV. CONCLUSIONES

Luego de siete años de investigar sobre las competencias matemáticas, como hemos mencionado en trabajos precedentes, creemos que como medio de desarrollo y aprendizaje de las mismas “la resolución de problemas es el mejor camino para desarrollar estas competencias ya que es capaz de activar las capacidades básicas del individuo” [9].

Pensamos que la aplicación del ABP en carreras de ingeniería es muy adecuada.

Los resultados obtenidos en las cohortes que utilizaron esta estrategia son muy alentadores, ya que en algunos casos más del 90 % de los estudiantes superaron las evaluaciones propuestas.

Por otro lado, esta estrategia de enseñanza, favorece no sólo el aprendizaje del contenido matemático sino también el desarrollo de habilidades sociales vinculadas al estudio grupal y a la práctica profesional del ingeniero.

A su vez, la puesta a prueba concreta de esta experiencia, permitió un replanteo en el rol de los docentes, quienes estaban acostumbrados al dictado de clases tradicionales.

Los mismos manifestaron que tuvieron que correrse del rol activo actuando como guías, acompañando a los estudiantes, interviniendo a solicitud de ellos. Asimismo, reconocieron que tuvieron una mayor exigencia en cuanto a la preparación del material didáctico para utilizar en las clases y al tiempo para planificar y monitorear el progreso de los estudiantes y la evaluación.

El intercambio de opiniones que surgió en los dos Seminarios dados a los docentes de la Facultad nos alentó a seguir en este camino por las opiniones favorables a este método de aprendizaje.

Creemos que las metodologías de aprendizaje activas, son las más adecuadas para lograr aprendizajes significativos en las carreras de ingeniería, dado que se acercan al mundo de la profesión. Esto quedó demostrado claramente en nuestra experiencia y en la de los docentes participantes, ya que varios de ellos se vieron estimulados para realizar sus tesis de maestría sobre estos temas, tesis que además fueron radicadas en el grupo investigador y dirigidas por algunos de sus integrantes.

REFERENCIAS

- [1] W. Carr y S. Kemmis, *Teoría crítica de la enseñanza. La investigación-acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Martínez Roca. 1988.
- [2] J. Elliott, *La investigación-acción en educación*. Ediciones Morata 1990.
- [3] Confedi, “Competencias para el acceso y la continuidad de los estudios superiores”. *XLIV Reunión Confedi- Santiago del Estero*, Anexo 1. 2008
- [4] B.Gargallo López.; C. Pérez Pérez.; B. Serra Carbonell; F. Sánchez Peris; I. Ros Ros, *Actitudes ante el aprendizaje y rendimiento académico en los estudiantes universitarios*. Revista Iberoamericana de Educación, ISSN-e 1681-5653, Vol. 42, N° 1, 2007
- [5] H.S.Barrows, *A Taxonomy of problem-based learning methods*, en *Medical Education*, 20/6, 481–486. 1986
- [6] A. Escribano y A. Del Valle, *El Aprendizaje Basado en Problemas*. Madrid. NARCEA. 2008
- [7] L. Torp y S. Sage, *El aprendizaje basado en problemas. Desde el jardín de infantes hasta la escuela secundaria*. Madrid. Amorrortu.1999
- [8] A.P. Martín; J.B. Escudero; E.R. Martín; J. M. Sanz; D.D. Martín; M. V. Mareño y M. A. Soto, *Un nuevo modelo de aprendizaje basado en problemas, el ABP 4x4, es eficaz para desarrollar competencias profesionales valiosas en asignaturas con más de 100 alumnos*. Aula abierta 87, 171-194.2006
- [9] J. A. Rupérez Padrón y M. García Déniz, *Competencias, matemáticas y resolución de problemas*. Números 69. Sociedad Canaria de Profesores de Matemática Isaac Newton, 2008, [Consulta: 2 marzo 2017]. http://www.sinewton.org/numeros/numeros/69/ideas_01.pdf

