

LA INGENIERÍA DIDÁCTICA EN EL DISEÑO Y SEGUIMIENTO DE
UNIDADES CURRICULARES

Anido, Mercedes A.

FCEIA-FCEE Universidad Nacional de Rosario, Argentina

anidom@fceia.unr.edu.ar

Resumen

El objeto de la investigación es el diseño y seguimiento de unidades curriculares en el contexto de la enseñanza superior. Estas unidades curriculares se construirán como material de apoyo para dificultades específicas del aprendizaje y/o unidades para la enseñanza de tópicos específicos, seleccionados por su valor conceptual, en los programas de la llamada matemática básica en facultades donde su carácter es predominantemente instrumental. Siguiendo a Wittman consideramos que el desarrollo de la educación matemática como una “ciencia de diseño” implica encontrar maneras de cómo diseñar, por un lado una investigación empírica y por otro lado como relacionarlas con otras. Wittman propone una aproximación específica a la investigación empírica y la llama “Investigación Empírica Centrada Alrededor de Unidades de Enseñanza”. Una unidad sustancial de enseñanza es esencialmente abierta. Sólo los problemas clave son fijos y deben proveer una rica fuente de actividades matemáticas. Se trata de realizar propuestas de situaciones de aprendizaje destinadas a asegurar de manera controlada la emergencia de conceptos matemáticos en el contexto de aprendizaje. En el marco de la teoría de las situaciones didácticas de Guy Brousseau se pretende modelizar y contrastar empíricamente los fenómenos didácticos que surgen en el ámbito didáctico a partir de la problematización y cuestionamiento de un “conocimiento matemático enseñado”.

Se busca: 1. Caracterizar las condiciones que deben implementarse en la enseñanza para facilitar un aprendizaje que reúna ciertas características fijadas a priori. 2. Determinar los elementos que debe poseer la descripción de un proceso de enseñanza para asegurar que pueda ser reproducido desde el punto de vista del aprendizaje que induce en los alumnos.

Justificación de la investigación

El proyecto nace por la inquietud de un grupo de profesores que, desde distintas cátedras en distintas facultades donde la matemática además de disciplina formativa primordial es herramienta de uso general, coinciden en hacer suya una problemática que se establece claramente en el Documento de Discusión Sobre la Enseñanza y Aprendizaje de Matemáticas en el Nivel Universitario propuesto por: “The International Commission on Mathematical Instrucción” (ICMI-1998).

Se consideran, en dicho documento los principales cambios ocurridos en años recientes, que afectan profundamente la enseñanza de las matemáticas en el nivel universitario. Ellos son i) el incremento del número de estudiantes que actualmente cursa estudios terciarios. ii) importantes cambios pedagógicos y curriculares en el nivel Preuniversitario, iii) las crecientes diferencias entre la educación matemática de nivel secundario y la de nivel terciario, con respecto a sus propósitos, objetivos, métodos y enfoques de enseñanza; iv) el rápido desarrollo de la tecnología; y v) presiones sobre las Universidades para que den cuenta pública de sus acciones. A estos factores se suman los procesos de revisión curricular que desde el 2000 se desarrollan en las facultades de ciencias Económicas e Ingeniería de la Universidad de Rosario y la masividad que caracteriza a las universidades del estado en la República Argentina. Todo esto lleva a los siguientes interrogantes.

¿Las teorías didácticas que son relevantes en el nivel escolar también lo son en el nivel universitario? ¿Hay necesidad de teorías específicas para el nivel universitario? ¿De qué formas puede cambiar la enseñanza para tener en cuenta las diferencias en formación, dificultades, habilidades e intereses del alumno? ¿Qué métodos son efectivos para la enseñanza a clases numerosas? ¿Qué es lo que sabemos sobre la

enseñanza y aprendizaje de tópicos específicos como Cálculo, Álgebra Lineal, Geometría, Probabilidad? ¿Hay características que son relevantes sólo para tópicos específicos? ¿Hay características que son comunes a varios tópicos? ¿Cómo ha cambiado la tecnología el contenido y la filosofía del currículum? ¿Deberían darse los programas existentes de la misma forma que en el pasado, o puede la tecnología asistir en el desarrollo de habilidades superiores o más importantes? ¿Qué cambios están, o deberían estar, produciéndose en el currículum? Algunas áreas temáticas de matemáticas están declinando mientras que otras están en ascenso. ¿Cuál es la lógica detrás de estos cambios? ¿Hay áreas que son ahora menos importantes y deberían otras áreas tomar su lugar? ¿Sabe Matemática un estudiante capaz de resolver una ecuación pero no de aplicarla a problemas? ¿Debe enseñarse un concepto para lo que surja? o donde surja? ¿Puede enseñarse Matemática con el debido rigor y de modo efectivo introduciendo los conceptos cuando se necesiten, motivados por problemas? Cómo realizar en esa situación la formalización teórica? y el orden lógico? ¿Cómo mantener la coherencia curricular?

En una aproximación a estas cuestiones hacemos nuestros los objetivos:

- ◆ identificar obstáculos que puedan impedir el aprendizaje de las matemáticas;
- ◆ identificar, publicar y someter a críticas, nuevas estrategias de enseñanza y los usos positivos de la tecnología en unidades curriculares específicas
- ◆ elaborar materiales curriculares (Parceriza Arán, 1996) adecuados a la semipresencialidad que impone las carencias edilicias y de personal en los cursos masivos. de la Universidad Nacional de Rosario

Marco teórico

La investigación se desarrolla en el marco de la metodología de enseñanza e investigación propio de la “Ingeniería Didáctica”.

La Ingeniería Didáctica incorpora una visión propia del aprendizaje de la Matemática, si bien adopta una perspectiva piagetiana en el sentido de que se postula que todo conocimiento se construye por interacción constante entre sujeto y el objeto, se distingue de otras teorías constructivistas por su modo de incorporar la relación entre el alumno y el saber. Los contenidos son el sustrato sobre el cual se va a desarrollar la jerarquización de estructuras mentales. Esto es particularmente importante en el nivel matemático de los cursos universitarios. El problema principal de investigación es el estudio de las condiciones en las cuales se constituye el saber con el fin de optimizar su control y su reproducción.

Los contenidos matemáticos, toman especial importancia. No obstante, no se puede separar la concepción de la Matemática como ciencia de su propio proceso de estudio. Ambos aspectos integran la esencia del objeto de investigación.

La elaboración de un problema es un paso de una Ingeniería Didáctica. En este contexto, el término Ingeniería Didáctica designa un conjunto de secuencias de clase concebidas, organizadas y articuladas en el tiempo de manera coherente por un profesor-ingeniero, con el fin de realizar un proyecto de aprendizaje para una población determinada de alumnos. En el transcurso de las interacciones entre el profesor y los estudiantes, el proyecto evoluciona bajo las reacciones de los estudiantes y en función de las selecciones y decisiones del profesor. De esta forma, la Ingeniería Didáctica es a la vez un producto, resultante de un análisis a priori, y un

proceso en el transcurso del cual el profesor ejecuta el producto adaptándolo, si se presenta el caso, a la dinámica de la clase.

Como metodología de investigación., se caracteriza en primer lugar por un esquema experimental basado en las "relaciones didácticas" en clase, es decir, sobre la concepción, realización, observación y análisis de secuencias de enseñanza.

Wittmann (1995) considera la Educación Matemática como "ciencia de diseño" y que las específicas tareas de la educación matemática, solo pueden ser actualizadas si la investigación y desarrollo tienen específicos vínculos con la práctica en su "corazón" y si el mejoramiento de la práctica educativa emerge con el progreso en el campo de investigación como un todo. Wittmann llama "corazón" de la educación matemática a una variedad de componentes que incluyen en particular el desarrollo y evaluación de unidades de enseñanza sustanciales.

Un excelente ejemplo de diseño y seguimiento de "unidades curriculares" como objeto de investigación, lo encontramos en el Instituto Freudenthal de Holanda, que desde su creación bajo el nombre IOWO se ha dedicado de manera prioritaria a generar nuevas propuestas curriculares para la enseñanza. También Becker and Miwa en Japón y autores como Artigue, Douady, Balacheff, Laborde, Dorier, Robinet han desarrollado en los últimos años investigaciones de este tipo. Kilpatrick y Sierpiska (1993) vinculan la reproducibilidad de las metodologías didácticas a las unidades de enseñanza.

En el contexto, específico de la enseñanza superior, dan pautas, entre otras, sobre el estado del arte en este tipo de investigaciones: los análisis epistemológico de la génesis histórica de conceptos elementales del álgebra lineal que, en relación a la enseñanza, hace Dorier; las investigaciones sobre los obstáculos del formalismo en el primer ciclo de la universidades francesas recopiladas por el mismo Dorier con Robert, Robinet y Rogalski; el análisis de una macro ingeniería didáctica, también en álgebra lineal, elaborada en "Université des Sciences et Technologies de Lille", los estudios de Hillel sobre los diferentes niveles de lenguaje utilizados para describir los vectores y las operaciones; el análisis sobre los modos de razonamiento en álgebra lineal de Sierpiska, Defence, Khatcherian Saldnha.

Metodología de investigación

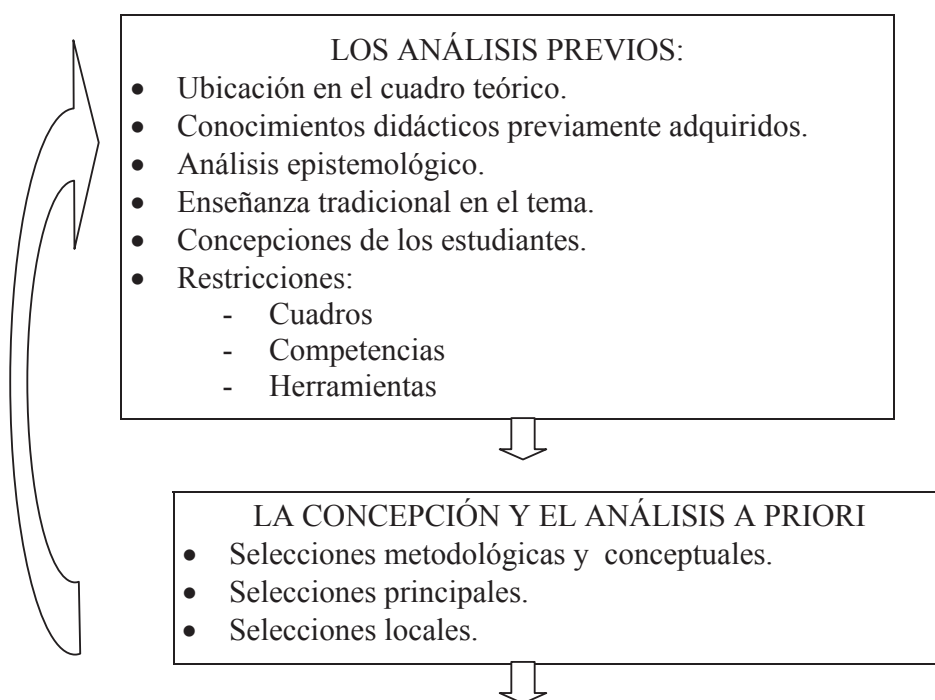
Se trabajará complementando diseños de tipo cualitativo y cuantitativo. La metodología de la ingeniería didáctica se caracteriza, en comparación con otros tipos de investigación basados en la experimentación en clase, por el registro en el cual se ubica y por las formas de validación a las que está asociada. De hecho, las investigaciones que recurren a la experimentación en clase se sitúan por lo general dentro de un enfoque comparativo con validación externa, basada en la comparación estadística del rendimiento de grupos experimentales y grupos de control. Este no es el caso de la Ingeniería Didáctica que se ubica, por el contrario, en el registro de los estudios de caso y cuya validación es en esencia interna, basada en la confrontación entre el análisis a priori y a posteriori (Artigue, 1995).

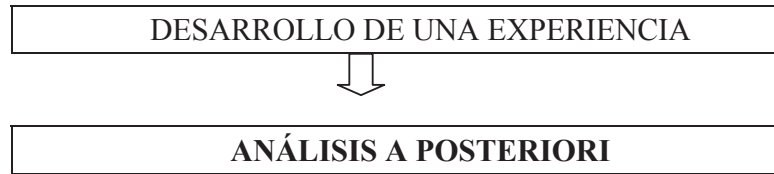
No obstante el mismo Gerard Vergnaud (1980) expone: "Mi conclusión es que, para estudiar objetos relativamente complejos, la didáctica marcha necesariamente sobre varias piernas a la vez. Creo que esta diversidad metodológica es inevitable e indispensable".

En nuestro caso la posibilidad de obtener datos en Cátedras con 3000 alumnos nos induce en determinados ejes de la investigación, como ser la opinión de los alumnos sobre los textos o hipertextos diseñados en el marco del proyecto, a utilizar también, los recursos del análisis estadístico. La investigación de los procesos de aprendizaje, se realiza pues por triangulación de metodologías, datos e investigadores. Se busca la complementación de los métodos cuantitativos y cualitativos de investigación. La metodología cuantitativa, se utiliza en diseños cuasi experimentales con los recursos de la teoría estadística principalmente Análisis de Datos con las Técnicas del Análisis de Correspondencias Múltiples(ACM) para las variables cualitativas(catóricas) y el Análisis de Componentes Principales(ACP) para abordar el estudio de variables cuantitativas. Desde otro ángulo, prevalece la metodología cualitativa que sigue las cuatro fases de la Ingeniería Didáctica: la 1) de análisis preliminar; 2) de concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas de la ingeniería; 3) de experimentación; y, finalmente, 4) de análisis a posteriori y evaluación. En cuanto a la dimensión temporal se trata de un objeto de estudio con su propia distinción temporal en un proceso experimental delimitado por las fases mencionadas.

El proyecto de referencia, en su etapa actual constituye un “programa de hecho”, en el sentido de Lakatos, que motiva y coordina diferentes grupos en los que trabajan, en paralelo, docentes de cinco facultades e investigadores en distintas líneas de estudio y en distintas áreas de la Matemática, cuyas actividades comprenden: búsqueda y preparación de problemas recopilación de información, investigación curricular, diseño de unidades curriculares, análisis de procesos de aprendizaje.

La ingeniería didáctica y sus fases





Fuente :Elaboración propia

En este marco, las investigaciones, realizadas en la Universidad Nacional de Rosario siguen los siguientes ejes:

- Búsqueda e inventario de los estudios que se encuentran dispersos sobre ingenierías didácticas en distintos temas de la matemática básica del nivel universitario.
- El Análisis preliminar se ubicó especialmente en la identificación de algunas dificultades relevantes en el pasaje de la escuela media a la universidad y el análisis de sus posibles causas desde una perspectiva epistemológica cognitiva didáctica y socio cultural
- El análisis previo en la selección de problemas motivadores y el análisis del juego de cuadros intervinientes en los problemas.
- Diseño de protocolos de observación.
- Determinación de la población a observar, determinación de los instrumentos de recolección y registros de la información (narrativo y/o grabación magnetofónica).
- Análisis de criterios e instrumentos de evaluación

En cuanto a los diseños de unidades para experimentación en cursos de grado desarrolladas con alumnos pertenecientes a distintas carreras, se ha seleccionado como temas del diseño, hasta ahora en las asignaturas relativas al Álgebra Lineal y Geometría Analítica, aquellos cuyo aprendizaje debe superar determinados obstáculos epistemológicos o didácticos.

Para ello se efectuó previamente el diseño curricular y la puesta en marcha de talleres de formación docente en nivel de Postgrado, en los que se ha buscado la reflexión sobre la propia práctica docente y la ubicación del problema didáctico por el propio docente. Entre el 2001 y el 2002, en estos talleres se elaboraron los materiales curriculares correspondientes a las unidades temáticas:

- el vector
- ecuación de la recta
- sistemas de ecuaciones lineales en dos variables y programación lineal
- sistemas de inecuaciones lineales
- cónicas
- ecuación general de 2º grado

En algunos de las investigaciones experimentales con estas unidades curriculares se han completado todas las fases de las respectivas ingenierías e incluso repetido los ciclos en la búsqueda de regularidades, que fortalezcan la transferencia. *Para la evaluación de su calidad se sigue un proceso cíclico de desarrollo y evaluación que comprende*

- *Elaboración de una primera propuesta de material, experimentación del mismo, evaluación de los resultados.*
- *Confrontación de los análisis a priori y a posteriori realizado en cada ingeniería didáctica y propuesta de modificación de la ingeniería y para la reducción de las distorsiones que pueden invalidarlas.*
- *Revisión de las experiencias realizadas y repetición para contraste de resultados, enriquecimiento de la investigación y búsqueda regularidades en los procedimientos.*

La transferencia

Si bien a nivel de informes parciales los análisis previos y los resultados de algunas experiencias han sido publicados con detalle (problemas matemáticos planteados, registro de hechos significativos, cuestionarios, etc.); subsiste una cuestión ¿cómo transmitir fielmente las experiencias realizadas y hacerlas así más fructíferas? A este efecto nos remitimos a la posición de Artigue (1995):

“La posibilidad de transmisión de los diferentes tipos de resultados, por fuera de la comunidad estricta de los investigadores, no implica los mismos problemas. Mientras que es posible imaginar la transmisión relativamente eficaz de los resultados relacionados con las concepciones y los obstáculos, no sucede lo mismo con los resultados de la ingeniería”.

Bibliografía

- Anido de López, Mercedes. (2002) *Una propuesta de incorporación de herramientas computacionales a la enseñanza de la Matemática a la universidad. Evaluación de experiencias.* Tesis Doctoral .UNED Madrid
- Anido de López M.; Rubio Scola H (2000) *Un programa sobre el uso de Herramientas CAS en el aprendizaje de la Matemática Básica en la universidades nacionales de la Provincia de Santa Fe, Argentina.* Revista Lecturas Matemáticas 21 (1) 67-77-
- Artigue, M.; Douday, R.; Moreno, I.; Gómez, P. (1995): *Ingeniería Didáctica en Educación Matemática.* Grupo Editorial Iberoamericano.
- Brousseau, G. (1988): *Los diferentes roles del maestro.* U.Q.A.M. Buenos Aires.
- Chevallard, Yves; Bosch Mariana; Gascón, Josep (1997): *Estudiar Matemática.* Edit. ICE-Horsori. 213-225; 277-290.
- Parceriza Arán, Artur (1996) *Materiales Curriculares.* Grao. Barcelona
- Vergnaud, Gerard (1980): *Problemática y Metodología de la Investigación en Didáctica de la Matemática*”. 2º Seminario Investigaciones Psicopedagógicas. Barcelona
- Wittmann, E.CH. (1984) *Teaching Units as the Integrating Core of Mathematics Education.* *Educational Studies in Mathematics*, 15. Belgium Kluwer Academic Publishers. 25-361.
- Wittmann, E.Ch. (1995) *Mathematics Education as a Desing Science.* *Educational Studies in Mathematics*, 29. Belgium Kluwer Academic Publishers. 355-274