



Problemas bien y mal estructurados en la evaluación diagnóstica de competencia en aspirantes a ingresar a carreras de Ingeniería.

Eje Temático N° 2: La implementación de la EaD en el desafío de la acreditación institucional y los programas de calidad.

Fernando Javier Quiroga Villegas

javierqv@gmail.com

Gabriela Beatriz Andino.

gandino10@gmail.com

Universidad Nacional de San Luis.

Facultad de ingeniería y Ciencias Económico-Sociales.

San Luis. Argentina.

Resumen

Son distintos los enfoques pedagógicos que describen la utilización de técnicas de aprendizaje que involucra a la resolución de problemas como eje de las actividades y tareas a resolver en el aula de matemática. El presente trabajo pretende indagar como los *problemas bien y mal estructurados contribuyen a mejorar los aprendizajes de la matemática* y posibilitan la evaluación diagnóstica de las competencias necesarias para emprender carreras de Ingeniería. Numerosos pedagogos, sociólogos, matemáticos, psicólogos y otros especialistas han intentado significar la importancia de la resolución de problemas en distintos aspectos cognitivos y actitudinales que el ser humano desarrolla al dar solución a un problema. Un ingeniero no es un científico -aunque pueda también llegar a serlo-, ni tampoco un técnico. Se lo debe formar para aplicar el conocimiento en el diseño, construcción, desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías, en la proyección, dirección y ejecución de obras de diferente índole según su especialidad, en el desarrollo de productos y procesos. Por lo cual la capacidad de resolver problemas, ha sido hoy reconocida como un estándar básico de acreditación para las carreras de ingeniería, a partir de que éstas fueron declaradas como comprometedoras del interés público (Ley de Educación Superior N° 24. 521).

El CONFEDI¹ incluye como una de las orientaciones metodológicas la enseñanza basada en problemas por considerar que contribuye a la adquisición de competencias en la formación de egresados de carreras de ingeniería.

Palabras claves: evaluación; evaluación diagnóstica; problemas bien y mal estructurados, ingreso universitario, competencias egreso escuela secundaria.

¹ Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, organismo que nuclea a los Decanos de Facultades que incluyen dentro de la oferta académica carreras de Ingeniería, regula las competencias de alumnos y ha reglamentado los distintos estándares e incumbencias que deben satisfacer quienes acceden al título de Ingeniero.

Introducción

La Comisión de Enseñanza de CONFEDI establece y define las competencias de acceso a carreras científico-tecnológicas teniendo en cuenta los temas incorporados en la currícula del secundario y las competencias básicas, transversales y disciplinares que se deben evaluar en futuros aspirantes a ingresar a carreras de Ingeniería en el país. En los documentos elaborados por dicha entidad, se acuerda en una primera instancia, evaluar sólo conocimientos de Matemática, con una formulación de problemas que permitan evaluar también competencias básicas y transversales. La evaluación diagnóstica de los aspirantes a ingresar a carreras de ingeniería fue incluida como actividad dentro del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016. La evaluación diagnóstica es común a todas las carreras de ingeniería y tiene como objetivo detectar carencias en los alumnos ingresantes para en un futuro mejorar los indicadores de rendimiento académico en primer año.

Objetivos

- Analizar el concepto de problema y su interpretación en la educación matemática.
- Identificar y analizar la taxonomía de los problemas bien y mal estructurados en matemáticas.
- Identificar la contribución de problemas bien y mal estructurados en la evaluación diagnóstica de aspirantes a ingresar a carreras de ingeniería y en el aprendizaje de matemáticas.

¿Qué se entiende por problema?

Uno de los mayores aportes del sociólogo matemático estadounidense Herbert Simon² ha sido describir distintos aspectos inherentes a la toma de decisiones y su introducción a la sistematización de las variables que intervienen en el proceso decisional. Toda decisión requiere a priori una situación problemática que permita desencadenar un proceso riguroso que permite la formulación de distintas metas u objetivos que deberán desarrollarse para intentar encontrar una solución. El diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, define problema como una "Cuestión que se trata de aclarar; proposición o dificultad de solución dudosa. Conjunto de hechos o circunstancias que dificultan la consecución de un fin". Chi y Glaser (1986) definen problema como "una situación en la que se intenta alcanzar

² Herbert A. Simon, premio Nobel de Economía en 1978 y autor de más 600 artículos y cerca de 20 libros y monografías sus contribuciones científicas se reflejan en distintas ramas como la psicología, las matemáticas, la epistemología, la economía y la inteligencia artificial.

un objetivo y se hace necesario encontrar un medio para conseguirlo”. De las definiciones analizadas podemos concluir que un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución para la cual los individuos no conocen los medios o caminos para obtenerla.

Problemas en Educación Matemática

En Educación Matemática un problema es una situación que difiere de un ejercicio en que el resolutor no tiene un procedimiento o algoritmo que le lleva a la solución” (Kantowski, 1981). Para Schoenfeld (1985) la dificultad de definir el término “problema” radica en que es relativo: un problema no es inherente a una tarea matemática, más bien es una relación particular entre el individuo y la tarea; utiliza la palabra problema para referirse a una tarea que resulta difícil para el individuo que está tratando de resolverla. Las siguientes son algunas de las características que deben reunir los problemas matemáticos:

- Es no-algorítmico en el sentido de que el camino para la acción no está completamente especificado con anterioridad.
- Es complejo en tanto que el camino total no es “visible” desde un único punto de vista.
- Con frecuencia da lugar a soluciones múltiples, cada una con costos y beneficios.
- Hay incertidumbre puesto que en principio no se conoce todo lo que se requiere para desarrollar la tarea.
- Se requiere de mecanismos propios de regulación.
- Se requiere gran cantidad de trabajo mental con el propósito de desarrollar las estrategias y los criterios involucrados.

Problemas bien y mal estructurados

Simon (1973) establece una primera clasificación distinguiendo entre problemas bien estructurados y mal estructurados, siendo los primeros los que habitualmente se plantean en la escuela y los últimos los que se presentan en la vida real. Esta distinción ha sido sujeta a números análisis y propuestas de mejoramiento atendiendo el grado de ramificación y especificidad que necesite el objeto de estudio. Kilpatrick, amplía la calificación propuesta por Simon y efectúa la siguiente clasificación:

- Problemas bien estructurados.
- Problemas bien estructurados que requieren pensamiento productivo, y
- Problemas mal estructurados.

Según este autor los problemas bien estructurados son aquellos que tienen una formulación clara, el procedimiento de solución es algorítmico, y podemos inferir que tienen solución única. Los problemas bien estructurados que requieren de pensamiento productivo, se diferencian de los bien estructurados solamente en el hecho de que la vía de solución no es algorítmica, y esta es parcial o totalmente desconocida por el alumno; este tipo de problemas se llega a la solución por vía única, la cual tienen que ser descubierta y elaborada por el alumno. En matemáticas la taxonomía de los problemas se puede caracterizar a) de acuerdo a la forma en que se estructura la información, b) las características del procedimiento de solución, y c) la solución y las vías para su comprobación. Por ello identificamos:

- problemas matemáticos cerrados
- problemas cerrados algorítmicos
- problemas cerrados heurísticos
- problemas matemáticos abiertos.

Los problemas cerrados, son aquellos que tienen una formulación clara, de manera que el resolutor puede reconocer con exactitud a través de su lectura y análisis cuáles son las condiciones y exigencias del mismo. Este tipo de problemas, tienen solución única, y existen formas para determinar lo acertado o no de la solución. Los problemas cerrados, los subdividimos a su vez en algorítmicos y heurísticos, de acuerdo a las características de los procedimientos empleados en su solución. Los algorítmicos se pueden solucionar siguiendo una regla conocida, en cambio los problemas heurísticos no disponen de un algoritmo para su solución, para solucionarlos es necesario realizar una búsqueda especial del procedimiento de solución. Estos problemas son considerados una forma de problemas abiertos. Los problemas abiertos son los que no tienen una formulación clara o las condiciones pueden aparecer enmascaradas o no aparecer en su totalidad y no disponen de criterios para saber cuándo se ha alcanzado la solución del mismo. El Documento Curricular - Ciclo General de Conocimientos Básicos en Ingeniería (CGCB), considera que existe una variedad de tipos de problemas que se pueden proponer a los estudiantes: “1) problemas de interpretación, 2) problemas de aplicación, 3) problemas integradores, 4) problemas cerrados y abiertos, y entre otros, problemas que favorezcan la construcción de modelos o estructuras”.



Resolución de Problemas

Los distintos pasos para alcanzar el objetivo deseado constituyen el momento inicial de la etapa de resolución de un problema. Newell y Simon (1972) describen distintos estados que deben transitarse que van desde un estado inicial donde el sujeto se enfrenta al problema tomando conocimiento del mismo, un espacio del problema o conjunto de operaciones que deberán realizarse para alcanzar un estado final que se caracteriza por el logro de la meta prevista. Para la resolución de problemas se estudiaron diversos procedimientos que llevaron, en sus inicios, a la introducción de reglas capaces de resolver cualquier tipo de problemas. Como lo fue la regla análisis-medio-fin; estas fueron consideradas en la época, para resolver cualquier tipo de problema bien o mal definido. Las características fundamentales de los problemas bien definidos teniendo en cuenta la información que tiene el decisor son: a) Información clara sobre el estado inicial del problema, b) Información clara de la meta a conseguir, c) Qué operadores se pueden aplicar, qué es lo que se puede hacer, qué cosas están permitidas a la hora de solucionar el problema y d) Restricciones, las que no están permitidas. Los problemas mal definidos se pueden caracterizar por el no cumplimiento de alguna de las anteriores características. Severgnini, H. (2012) nos introduce al concepto de resolución de problemas a partir de entender el *proceso de diseño* considerando a este como “un problema que puede ser resuelto por principios generales de resolución de problemas”. Entenderemos por *resolución de problemas* a la acción o proceso de resolver el problema que tiene como fin una meta que llamaremos solución. Resolver un problema implica realizar tareas que demandan procesos de razonamiento más o menos complejos y no simplemente una actividad asociativa y rutinaria.

Castro Martínez (2008) expresa que la resolución de problemas ha sido estudiada entre otros, por filósofos (Dewey, 1989), psicólogos (Bell Fischbein y Greer, 1984); Newel y Simon, 1972; Stemberg, 1994; Vergnaud 1983), matemáticos profesionales (Hadamard, 1947; Poincare, 1963; Pólya 1979; Socas 2001, donde cada uno ha producido ricas investigaciones con enfoques propios que dan lugar a una gran producción no aun sistematizada completamente. En ellas, cada uno aborda la noción de problema y técnicas de resolución desde perspectivas propias por lo cual hay varias aproximaciones del concepto de problema y el de resolución de problemas. La heurística moderna, inaugurada por George Pólya (1954) con la publicación de su obra "How to solve it", trata de comprender el método que conduce a la solución de problemas, en particular las operaciones típicamente útiles en este proceso.

Miguel de Guzmán partiendo de las ideas de Pólya y de los trabajos de Schoenfeld elaboró un modelo cuya finalidad es que la persona examine y remodele sus propios métodos de pensamiento de forma sistemática a fin de eliminar obstáculos y de llegar a establecer hábitos mentales eficaces. En otras palabras, lo que Pólya

denominó pensamiento productivo. Este autor para involucrar a sus estudiantes en el aprendizaje basado en problemas generalizó un método que redujo a cuatro pasos:

1. Entender el problema.
2. Configurar un plan.
3. Ejecutar el plan.
4. Mirar hacia atrás.

Este método enfocado a la resolución de problemas matemáticos se basa en la distinción entre ejercicio y problema. Resolver un ejercicio implica la aplicación de un procedimiento algorítmico que lo lleva a la respuesta y resolver un problema requiere de la consecución de distintos pasos creativos que permitan encontrar la solución buscada.

Competencias

En oportunidad de elaborar planes de mejoramiento para las carreras de ingeniería, miembros de la carrera Ingeniería en Minas, mostraron su preocupación por la formación matemática- a su juicio no pertinente- que reciben los estudiantes de esta carrera en el Centro Universitario San Luis. El eje de estas preocupaciones radicaba en que un docente de carreras de ingeniería – independientemente de su formación, según este Claustro - debería tener en cuenta los destinatarios de sus cursos, ya que el *qué* y el *cómo* está condicionado de alguna forma al para *quienes*. En este escenario, es la resolución de problemas un eje central en la formación académica de un ingeniero, y resultados de investigación educativa muestran que existe una estrecha relación entre la instrucción matemática recibida y la capacidad que se adquiere para que el contenido enseñado sea lo suficientemente significativo que permita ser transferido en la resolución de problemas. En esta discusión se reconoce la existencia de diversas maneras de documentar y analizar el desarrollo e impacto de vincular la resolución de problemas con el aprendizaje o con la construcción de conocimiento matemático de los estudiantes. Por otra parte, dentro del contexto de nuestro país, rige para la enseñanza universitaria una legislación (Ley de Educación Superior N° 24.521 Art.43; 1995) por la cual las carreras de ingeniería han sido declaradas de interés público y por lo tanto han sido sometidas a procesos de acreditación periódicos, a los efectos de ser reconocidas por el Ministerio de Cultura y Educación de la Nación. Surge del proceso mismo de acreditación de estas carreras en toda la República Argentina la necesidad, en relación con la formación de ingenieros, de poner énfasis en que las carreras deben brindar una sólida formación básica y *enseñar metodologías para encarar la solución de problemas complejos*.



En el Manual de acreditación de carreras de Ingeniería para la República Argentina (CONFEDI, 2000), se establece como un indicador de estándar de acreditación los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Concretamente, define a este como *“el conjunto de experiencias que se generan a través de la comunicación que se establece entre el docente y el alumno en forma bidireccional, basándose en contenidos específicos que tienden a desarrollar en el alumno actitudes, aptitudes y valores dirigidos a la construcción del conocimiento, mediante el estímulo de la creatividad e innovación así como la aplicación del ingenio para la solución de problemas.”*

La matemática y la ingeniería en relación con la resolución de problemas.

Los cursos de matemática curriculares tienen en cuenta que un ingeniero debe hacer uso de conceptos de matemática y otras ciencias básicas, para formular modelos matemáticos de las situaciones problemáticas que le permitan efectuar predicciones cuantitativas sobre el comportamiento de un sistema tecnológico, y, en ese sentido, el cálculo se convierte en un eje central de su actividad. Este tema es de relevante importancia en la educación matemática, ya que existe una gran preocupación sobre la temática en los diferentes ámbitos universitarios y particularmente en los que se enseña matemática para no matemáticos, en este caso a ingenieros. La UNSL, en su informe de autoevaluación 2009 considera como propósito institucional *“posibilitar que todos los alumnos, al concluir los estudios de grado, alcancen los máximos niveles de logro posible en los diversos aspectos que configuren una formación de calidad”*, y la competencia para resolver problemas configura un estándar básico de calidad en la profesión de ingeniero.

Conclusión

Todo esquema educativo, como el que propicia el dictado de carreras de ingeniería, es materializado a través de planes de estudios que contienen cursos organizados mediante programas específicos y donde confluyen -horizontal y verticalmente- objetivos, concepciones, fundamentos e intenciones de ese proyecto. A su vez los cursos son llevados a cabo por docentes que ejercen sus prácticas en un determinado contexto y un escenario atravesado por complejas interrelaciones de todos los actores, siendo ideal que los aspectos que configuran el proyecto académico sean conocidos por los docentes de manera que puedan ser abordados explícitamente en sus prácticas (qué, para qué y para quiénes enseñar). En este marco, y dentro de la complejidad de la problemática educativa, se ha indagado a partir del Proyecto de Investigación “PROIPRO 3-2-0102: El rol del aprendizaje conceptual de la matemática y la física en el rendimiento de los alumnos ingresantes a carreras de ciencias y de ingeniería en la UNSL. Director: Dr Julio Ciro BENEAS” sobre cuáles son las intervenciones educativas en un



curso de matemática de carreras de ingeniería, que se implementan con el objeto de desarrollar las competencias de resolución de problemas. De este surge cuales son las actividades que se desarrollan en el aula y promueven mejorar en el aprendizaje a partir de la *resolución de problemas*. Dichas actividades de matematización son las que ocurren en diferentes fases como lo son:

a) En la matematización *horizontal*: incluye las actividades que intervienen cuando el estudiante traduce al problema a una expresión matemática:

- Identificar las matemáticas que pueden ser relevantes respecto al problema.
- Representar el problema de modo diferente.
- Comprender la relación entre los lenguajes natural, simbólico y formal
- Encontrar regularidades, relaciones y patrones.
- Reconocer isomorfismos con otros problemas ya conocidos.
- Traducir el problema a un modelo matemático.

b) En la matematización *vertical*: incluye actividades que incluyen el uso de conceptos y destrezas matemáticas:

- Utilizar diferentes representaciones
- Usar el lenguaje simbólico, formal y técnico y sus operaciones
- Refinar y ajustar los modelos matemáticos, combinar e integrar modelos.
- Argumentar y Generalizar.

c) En la validación y reflexión. Las actividades que incluye son:

- Entender la extensión y límites de los conceptos matemáticos.
- Comunicar el proceso y la solución.
- Criticar el modelo y sus límites.

Todo este proceso descrito en las tres fases, es el que formaliza la resolución de problemas, y mediante él se establecen capacidades y habilidades que, puestas en juego, muestran que una persona es competente en matemáticas.



Referencia Bibliográfica

Castro Martínez, E. (2008). *Resolución de problemas: ideas tendencias e influencias en España*. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=2748780> .

Chi, M. y Glaser, R. (1986). Capacidad de resolución de problemas», en R. f. Sternberg, *Las capacidades humanas. Un enfoque desde el procesamiento de la información*, Barcelona.

CONFEDI. (2000). *Manual de Acreditación de Carreras de Ingeniería para la República Argentina*. Buenos Aires: Consejo Federal de Decanos de Ingeniería .

Hong, N. (1998). *The Relationship between Well-Structured and Ill-Structured Problem Solving in Multimedia Simulation*. Pennsylvania State University.

Kantowski, M. G. (1981). *Implications for the 80's. / Problem solvign* . Mathematics Educations Research. , 111-126.

Kilpatrick, J. , Rico Luis, Sierra Modesto (1992) *Educación matemática e Investigación*. editorial Sintesis. capítulos 1 pp 17. 81, capítulo 5 pp 167.203

Lupiañez, J. L. (2005). *Análisis Cognitivo*. Granada, Universidad de Granada.

Newell, A. y Simon, H. *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1972.

Red de Facultades de Ingeniería. (2009) Documento Curricular: Ciclo General de Conocimientos Básicos en Ingeniería. UNSL.

Simon. H. A. (1973). *Las ciencias de lo artificial*. A.T.E.

Severgnini, H. (2012). Lección 1: *Filosofía de la tecnología y el diseño*. Lección 5: *Problemas bien y mal estructurados*. Maestría en Procesos Educativos Mediados por Tecnologías. Universidad Nacional de Córdoba.

Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical Problem Solving* (1a. edición). Orlando, Florida: Academic Press.