

Interrogantes y reflexiones que se formulan en relación a los aprendizajes de los alumnos en materias básicas de Ingeniería

Autores: Raúl Katz – Natalia Sgreccia

Mail: rdkatz@fceia.unr.edu.ar – sgreccia@fceia.unr.edu.ar

Introducción

Ausubel (2002) nos ha legado una idea primordial: aprender significa incorporar un nuevo conocimiento a la estructura cognoscitiva de quien aprende, estableciendo relaciones sustantivas y no arbitrarias entre los nuevos contenidos y los ya existentes. Más aún, a mayor cantidad y calidad de relaciones que se establezcan mayor será la cantidad de significaciones para quien aprende.

Las teorías constructivistas del aprendizaje han señalado la necesidad de concebir al estudiante como un ser activo en los procesos de construcción del conocimiento, pero también replantea el papel del docente como agente activo en la promoción de tales procesos, lo cual demanda el diseño de actividades, utilización de recursos y selección de estrategias que contribuyan a su desarrollo.

Ante estos planteamientos, nos preguntamos: ¿Logramos los docentes universitarios, a través de nuestro accionar, que los alumnos atribuyan significados a los conocimientos pretendidos?

En el presente trabajo se muestran situaciones que fueron abordadas por los alumnos en diversas instancias del proceso de evaluación, correspondientes a diferentes momentos del cursado de las asignaturas Probabilidad y Estadística y Álgebra y Geometría II de carreras de Ingeniería. Las actuaciones de los estudiantes testimonian dificultades en el análisis y evaluación de resultados, en la organización de sus pensamientos, ligados por lo general a una técnica o algoritmo, y escasa sensibilidad hacia los razonamientos lógicos. Estos resultados develan una distancia entre lo que acontece -desde la realidad situada- y lo que se pretende -desde las teorías constructivistas del aprendizaje-.

Ante este panorama, formulamos reflexiones e interrogantes que, creemos, pueden constituirse en una base para idear innovaciones educativas en este ámbito con el propósito de franquear las dificultades observadas.

Básicamente el desafío consiste en lograr acciones eficaces para descifrar las estructuras cognoscitivas de los estudiantes y caracterizar la comprensión epistemológica del contenido para, a partir de ahí, diseñar estrategias adecuadas para que el estudiante relacione lo que ya sabe con lo que está aprendiendo.

Situaciones objeto de nuestras evaluaciones y posteriores interrogantes

A continuación se presentan situaciones, las cuales formaron parte de evaluaciones en diferentes cursos y asignaturas, en carreras de Ingeniería.

Situación 1

La longitud de los tornillos producidos por una máquina sigue una distribución normal con media 112 milímetros y desviación estándar de 2.2 milímetros. ¿Son los datos suficientes para construir tres intervalos con centro en la media y que contengan el 90%, el 95% y el 99% de las longitudes respectivamente? En caso afirmativo determine dichos intervalos, de lo contrario explique qué información le falta.

Actuaciones de los alumnos ante la Situación 1. Descripción e interpretación

En este problema los datos que se proporcionan caracterizan totalmente el comportamiento de una población, las longitudes de los tornillos, de los cuales se

conoce no sólo su distribución sino también su media y desviación estándar. Por lo tanto, es posible determinar dichos intervalos a través de la estandarización de la variable y posterior uso de una tabla.

Sin embargo la expresión que aparece en el enunciado, “construir tres intervalos con centro en la media que contengan el 90%, el 95% y el 99% de las longitudes respectivamente”, induce a la mayoría de los estudiantes (9 de 14) a ubicarse en el capítulo de estimación de parámetros, donde esta terminología aparece en relación a la construcción de un intervalo de confianza para la media poblacional, con valores para el nivel de confianza que habitualmente se fijan en 0.90, 0.95 y 0.99. Esta ubicación de los alumnos en un capítulo específico del cursado de la materia Probabilidad y Estadística, da indicios de que los momentos en que se enseñan y evalúan los contenidos están mediados por el contrato didáctico, el cual condiciona y determina las respuestas de los estudiantes en situaciones de evaluación (Giménez Rodríguez, 1997).

Otros, (4 de 14; el alumno restante lo resuelve bien), son atraídos a la aplicación de la desigualdad de Tchebyshev, que brinda acotaciones de las probabilidades de intervalos para una variable aleatoria con centro en la media. Si bien en este enfoque hay, de parte de los alumnos, un reconocimiento de que los datos suministrados corresponden a una población, la solución que proponen tampoco resulta pertinente, ya que la distribución de la variable (longitud de un tornillo) constituye un dato y la aplicación de dicha desigualdad resulta adecuada cuando se desconoce la distribución de la variable.

Ante este hecho, coincidimos con Moreno y Vallecillos (2000) en que “las estructuras de conocimiento etiquetan y categorizan objetos y eventos, definen un conjunto de expectativas sobre dichos objetos y sucesos y sugieren respuestas apropiadas a ellos. Cualquier persona sometida a un estímulo, lo procesa basándose en un sistema preexistente de conocimientos esquematizados y abstractos. Sin embargo, la categorización errónea de los objetos y sucesos junto con el empleo de inapropiadas estructuras de conocimiento, conduce al error (...)” (p. 2).

En ambos casos, las actuaciones de los alumnos distan del pretendido aprendizaje significativo. Por el contrario, ponen de manifiesto la asociación de algunos procedimientos (aprendidos en contextos aparentemente similares pero que no resultan pertinentes, o válidos, en el contexto de la situación actual), mientras que la comprensión de los conceptos fundamentales, tendientes a desarrollar un pensamiento aleatorio, se encuentra ausente, ya que se evidencia que estos estudiantes no pueden flexibilizar la utilización del conocimiento de acuerdo a las (cambiantes) circunstancias. En términos de Ausubel (2002), los alumnos cultivan la repetición mecánica de los procedimientos, produciéndose aprendizajes memorísticos y rutinarios. Los conocimientos se reciben de manera casual y no se incorporan a su estructura cognoscitiva o esquema mental, por lo que luego se dificulta su aplicación en otras situaciones, ya que no se sabe dónde buscarlo.

Situación 2

El tiempo hasta la falla (duración) en años de cierto tipo de refrigerador es una variable aleatoria $D \sim N(\mu_D = 4.80 \text{ años}, \sigma_D = 1.3 \text{ años})$. Determine el tiempo máximo de garantía que puede otorgar el fabricante si está dispuesto a reponer a lo sumo el 1% de los refrigeradores.

Actuaciones de los alumnos ante la Situación 2. Descripción e interpretación

La solución del problema demanda encontrar el tiempo hasta la falla de los refrigeradores, de modo que a lo sumo un 1% de los mismos no supere dicho valor.

Si se nota con T al tiempo de duración (o tiempo hasta la falla) de un refrigerador se tiene que encontrar el valor t (tiempo máximo de garantía) para el cual $P(T < t) = 0.01$. Sin embargo los alumnos suelen plantear $P(T < t) = 0.99$. ¡Tendría que reponer prácticamente todos los refrigeradores y casi con seguridad cerrar su negocio! Más aún, una vez obtenido el valor de t , los estudiantes no advierten que la garantía que están dispuestos a otorgar supera el valor de la duración media que se conoce.

Esta respuesta, que da alrededor de un 40% de los alumnos, pone de manifiesto falencias en la capacidad de análisis y evaluación de resultados. Incluso de actitudes más generales que tienen que ver, por ejemplo, con detenerse a observar la propia producción.

A través de sus cálculos creen que ese valor “grande” de t garantiza el funcionamiento del 99% de los refrigeradores. En este sentido, la solución que proponen apunta más a un “deseo de calidad”, que el 99% de los motores dure “mucho”, tanto o más que el valor que ellos determinan. Sin embargo ese valor como garantía lo cumple sólo el 1% de los motores.

Situación 3

Los mensajes que llegan a un nodo son almacenados en un buffer, antes de ser transmitidos por red, hasta que se dispone de un paquete de cinco. Los mensajes llegan al nodo según un proceso de Poisson, a razón de 30 mensajes por segundo. Calcule la probabilidad de formar un paquete en menos de 0.1 segundo.

Actuaciones de los alumnos ante la Situación 3. Descripción e interpretación

Para formar un paquete en menos de 0.1 segundos, es necesario y suficiente que en el intervalo de tiempo $[0; 0.1)$ lleguen por lo menos 5 mensajes y menos de 10. Sin embargo, ante esta situación, los alumnos calculan la probabilidad de que en el intervalo $[0; 0.1)$ lleguen sólo 5 mensajes. Esta inmediatez en sus respuestas evidencia que se remiten a “problemas-tipo”, sin haber realizado un análisis de la información contenida en el texto del enunciado.

¿Establece el alumno un “diálogo consigo mismo” preguntándose qué debe ocurrir para que en menos de 0.1 segundos se pueda armar un paquete formado por cinco mensajes?, ¿o en su respuesta se remiten a la aplicación directa de una fórmula? En algunos casos expresan dudas sobre la posibilidad de considerar un período de tiempo inferior a 0.1 segundos, proponiendo en cambio fijar el mismo en 0.1 segundos.

Situación 4

Analice si la siguiente afirmación es verdadera o falsa:

$$\text{Sea } W = \text{Gen} \left\{ \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \\ 4 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 2 \\ -5 \\ 0 \end{bmatrix} \right\}, \text{ entonces } W = \mathbb{R}^2.$$

Actuaciones de los alumnos ante la Situación 4. Descripción e interpretación

Ante esta situación los alumnos suelen afirmar que la proposición es cierta, en razón de que los generadores son un conjunto linealmente independiente. Luego $\dim W = 2$ y por lo tanto $W = \mathbb{R}^2$.

Si bien la respuesta de los alumnos evidencia que reconocen correctamente que los generadores son un conjunto linealmente independiente y que $\dim W = 2$, al mismo tiempo da indicios que no reflexionan -con indicios de inmediatez en sus respuestas-

sobre los objetos de W , los cuales no constituyen elementos de R^2 sino de R^3 , lo que da lugar a que la proposición sea falsa.

Situación 5

La Tabla 1 muestra los precios de: una habitación doble, la comida y una visita guiada, para dos personas, en las ciudades de Madrid, París y Roma.

Ciudad	Costo de permanencia para dos personas (en euros)		
	Habitación doble	Comida	Visita guiada
Madrid	100	60	25
París	120	80	30
Roma	110	60	20

Tabla 1

La Tabla 2 muestra tres planes según la cantidad de: días de hotel, comidas y visitas guiadas para dos personas.

	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Cantidad de días de hotel	7	14	21
Cantidad de comidas	7	10	17
Cantidad de visitas guiadas	7	8	15

Tabla 2

- Muestre en una matriz los costos de permanencia en cada ciudad en función de cada plan.
- Suponga que tiene los datos de la Tabla 1 son representados en forma de matriz (matriz A) y la matriz de costos obtenidas en el ítem a) (matriz C) y que hubiera extraviado los datos de los diferentes planes (matriz B). ¿Puede determinar los datos extraviados?
- Suponga que ahora tiene los datos de la Tabla 2 (matriz B) y los costos para las tres ciudades con los tres planes (matriz C) y que hubiera extraviado los costos de estadía, comida y visita guiada para las tres ciudades (matriz A). ¿Puede determinar los datos extraviados?

Actuaciones de los alumnos ante la Situación 5. Descripción e interpretación

A partir de las Tablas 1 y 2 los alumnos no suelen tener dificultades para expresar la información solicitada mediante dos matrices y obtener, a través del producto, la matriz de costos.

En cuanto a b), los alumnos escriben la ecuación matricial $A.X = C$, calculan A^{-1} y en general obtienen la matriz $B = A^{-1}.C$. En algunos casos escriben $X = C.A^{-1}$ y encuentran que ésta no es la matriz B que habían construido inicialmente. La reflexión provocada por el docente sobre las propiedades de las matrices les hace corregir el error.

En la parte c), los alumnos plantean la ecuación $X.B = C$ (1) y al pretender resolverla mediante la inversa de B creen erróneamente que la ecuación es incompatible pues no existe B^{-1} . Esto muestra que se han alejado del problema real, ya que conocen de partida la solución, pues X no es otra que la matriz A. Sin embargo, reconocen que no hay error en sus cálculos, pues B efectivamente no es inversible, dado que encuentran que la tercera columna de B es la suma de las dos primeras y, en consecuencia, el determinante es igual a cero. Cuando son llevados al análisis de la ecuación (1) reconocen que si B no tiene inversa esto no significa que necesariamente la ecuación sea incompatible, sino que puede ser compatible con infinitas soluciones. Esta situación resultó favorable para mostrar que los métodos existen, pero está en la habilidad de quien resuelve el problema la elección del más adecuado.

Reflexiones e interrogantes como posible base para innovar

¿Qué aspectos de los procesos de enseñanza y aprendizaje deberían tomarse como eje de reflexión para contribuir a que los contenidos que se elaboran en las clases de estas asignaturas se incorporen al pensamiento del alumno como un instrumento de conocimiento para la resolución de problemas, y no como una fijación mecánica de técnicas? En este sentido interesa indagar:

- ¿Cómo propiciar entornos de aprendizaje para que los alumnos establezcan relaciones que aseguren la funcionalidad y aplicación comprensiva de los contenidos, y no la repetición y memorización de conocimientos?
- ¿Cuáles son las acciones docentes en el aula tendientes a trascender la mera aprobación de exámenes, a favor de comprensión por parte de los alumnos?

En función de las dificultades encontradas, específicamente preocupa: ¿Cómo guiar el proceso de aprendizaje de los alumnos para desarrollar:

- capacidad de análisis y evaluación?
- un pensamiento no atado a una técnica o algoritmo?
- un pensamiento coherentemente organizado?

También preocupa recuperar la valoración del uso de distintos lenguajes y la sensibilidad hacia fundamentos lógicos.

Según Freire (2002), la educación es un acto tanto pedagógico como político, el cual es posible a través del diálogo. Para este autor la relación pedagógica es, de modo esencial, una relación dialógica.

La palabra nace con el diálogo y, si partimos del reconocimiento de la estrecha articulación entre pensamiento y lenguaje, queda más clara aún la trascendencia del diálogo en las interacciones sociales. Justamente el movimiento de ida y vuelta del pensamiento divergente y convergente es la dinámica propia del diálogo y de la enseñanza. Este importante movimiento se produce mediante la conjunción del habla y la escucha atenta, en forma interactiva, entre docente y alumnos.

Consideramos que la relación dialógica puede constituirse en un importante instrumento para concretar procesos intelectuales, como asimismo generar un clima participativo y de compromiso para la construcción de nuevos conocimientos a través de la exploración -en el sentido de búsqueda de alternativas-, el cuestionamiento y la explicitación de creencias erróneas. En este sentido el diálogo no apunta a dar o depositar ideas en los estudiantes, sino más bien a crear oportunidades y ocasiones para la comprensión.

Creemos que este diálogo que se puede forjar en las clases entre docente y alumnos, o entre alumnos, es un posible generador de diálogo de la persona (docente o alumno) consigo misma. Este “diálogo consigo mismo” es fundamental para reflexionar antes y después de las acciones puntuales (en un ámbito de enseñanza o de aprendizaje, respectivamente) en la resolución de situaciones como las que hemos presentamos aquí.

Sin embargo, González, Morón y Novak (2001) señalan que la dinámica actual de algunas clases (herencia de siglos) sigue aún un modelo del tipo estímulo-respuesta, lo que no se condice con el movimiento de ida y vuelta señalado anteriormente. El discurso del profesor, en sus múltiples facetas, es medianamente reproducido por los alumnos. Al aprobar exámenes, esta conducta es premiada y, por lo tanto, potenciada.

En este marco de ideas, se considera al intercambio dialógico como un medio propicio para indagar sobre los conocimientos previos de los alumnos, generar conflicto, promover el establecimiento de relaciones de semejanzas y diferencias, facilitar la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, ayudar a conectar los nuevos conocimientos con los viejos. Consideramos que todas estas acciones son habilidades

puntuales que contribuyen al pensamiento flexible que Perkins (2003) asocia a la comprensión.

A partir de lo expuesto, emerge la necesidad de búsqueda conjunta de diversas cuestiones que ayuden a comprender mejor los procesos educativos. Se considera que la reflexión e intervención consecuente sobre la propia práctica se constituyen en vías potentes para contribuir a que los alumnos alcancen aprendizajes “más significativos”.

Justamente esto se corresponde con enfatizar un seguimiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje, y generar, a partir de ahí, innovaciones sostenidas ideológicamente en los grupos de docentes de una misma cátedra o, incluso, Departamento. Este trabajo conjunto -que no es sinónimo a adhesión acrítica a lo que dice el otro, sino concebido como un espacio de discusión- sirve al interior del colectivo docente, ya que actúa de sostén de los esfuerzos compartidos, y de barrera de factores externos, que muchas veces dificultan la tarea. También contribuye al otorgamiento de coherencia a los mensajes dados a los estudiantes del ciclo básico, quienes estarían participando activamente en sus procesos de aprendizaje.

Para finalizar, creemos que en la actualidad la educación como servicio social, grupal o individual para el desarrollo pleno del otro, con franqueza y sin excusas, es un imperativo en las carreras universitarias. Consideramos que jornadas de este tipo sirven para socializar las producciones y, a partir de allí, re-significar experiencias de colegas en un mismo ámbito. Quizás seamos varios a los que nos pasa lo mismo...

Bibliografía

- Ausubel, D. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Freire, P. (2002). *La educación como práctica de la libertad*. Madrid: Siglo Veintiuno.
- Giménez Rodríguez, J. (1997). *Evaluación en Matemáticas. Una integración de perspectivas*. Madrid: Síntesis.
- González, F., Morón, C. y Novak, J. (2001). *Errores conceptuales. Diagnósis, tratamiento y reflexiones*. Barcelona: Eunate.
- Moreno, A y Vallecillos, A. (2000). *La inferencia estadística básica en la enseñanza secundaria*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada.
- Perkins, D. (2003). ¿Qué es la comprensión? En M. Stone Wiske (comp.). *La Enseñanza para la Comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica* (pp. 69-92). Buenos Aires: Paidós.