

## 38 Resolución de problemas y modelación matemática en *Integradora I*

Carlos Bello; Luis Eduardo Gómez;  
Adriana Luján; Damián Javier Ortiz

**Resumen:** El propósito de este trabajo consistió en analizar la actividad pedagógica, desplegada en la experiencia piloto *Integradora I*, que se desarrolla en la Facultad Regional Mendoza, UTN. Se buscó describir los resultados del uso de una estrategia de resolución de problemas por casos, en Ingeniería. El método usado consistió en el análisis de conceptos epistemológicos y procedimentales, similares a los planes estratégicos. Se presentaron casos resueltos, en modo de guión estructurado, y se analizó la respuesta de los alumnos. Se encontró que estos tienen dificultades para generar su plan de trabajo y seguir un procedimiento dado. Aspecto que influye negativamente cuando resuelven los problemas propuestos, que es la modalidad de las actividades prácticas y de las evaluaciones de las materias del ciclo inicial.

**Palabras claves:** Resolución de problemas, estructura cognitiva, modelo matemático, objeto modelo, hipótesis.

La práctica de la Ingeniería tiene como componente importante la resolución de problemas y para ello utiliza en forma permanente modelos matemáticos que permiten representar sistemas reales, como expresa Buch, *reemplaza conceptualmente un sistema de dominio real formado por objetos materiales por otro formado por objetos de otro dominio, este formado por entes matemáticos* (Buch, T.: 2006). El aprendizaje de los procesos que permiten desarrollar esos modelos matemáticos, requiere que los sujetos puedan interpretar eficientemente que son estos modelos y cuáles son las estrategias a utilizar para tener éxito al construirlos.

Los ingenieros interpretan, analizan y transforman los sistemas reales, interactuando con teorías, representaciones y porciones de realidad llamadas 'modelos' que permiten diseñar productos futuros o soluciones de problemas. Esto se hace en el campo de las abstracciones, con Ciencia y Métodos Sistémicos.

Un ingeniero experimentado y competente, construye modelos eficientemente de situaciones nuevas y en contextos cambiantes,

pero en la Universidad Argentina, persiste una cultura institucional con la concepción del ingeniero con conocimientos tecnológicos de aplicación que le permitan ingresar al circuito laboral de inmediato. Esta cultura no hace énfasis en el desarrollo de competencias generales. Estos conocimientos tecnológicos tienen una obsolescencia rápida. Sin embargo, a partir del proyecto Tuning Europeo y posteriormente el Tuning Latinoamericano, se produce un cambio que enfatiza el desarrollo de competencias. Por ese motivo, la SPU, CONFEDI y CONEAU han trabajado en esa dirección, acentuando los conocimientos básicos y el desarrollo de métodos sistémicos (Gomez, L.; Cuadrado, G.: 2010).

Este trabajo muestra estrategias usadas en la Experiencia piloto “Integradora I” de Rivadavia, donde se utiliza métodos sistémicos generales para trabajar con las representaciones, se introducen y analizan modelos sencillos, esbozando cómo se construyen, transforman y se señalan las restricciones que determinan su validez práctica y se hace énfasis en la producción de informes de las actuaciones en el proceso de modelización..

### **La competencia de resolver problemas**

La resolución de problemas es una competencia crucial para los profesionales de las Ingenierías. La tesis que sostiene esta experiencia piloto es que los alumnos de estas carreras pueden adquirirla de modo sistemático si se tienen en cuenta las estrategias que utilizan los ingenieros experimentados, tanto en aspectos formales o matemáticos como en los empíricos y utilizan frecuentemente iteraciones y recursiones que consideran el replanteo total del problema, de acuerdo con el campo de aplicación como así también las que usan los matemáticos profesionales.

En el Plenario del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI, XXXVII Reunión Plenaria: 2003-2007), Se trataron las necesidades del desarrollo de competencias en estudiantes de carreras de ingeniería y también las competencias mínimas que deben alcanzar los aspirantes a para poder ingresar, allí se propusieron dos áreas:

Matemáticas básicas: Formular y resolver problemas de operaciones, geometría espacial, tratamiento de datos y situaciones aleatorias, y uso del sistema métrico.

Lenguaje: Lectura comprensiva y rápida, y expresión oral y escrita. Estas competencias básicas mínimas son: comunicativa, interpretativa, argumentativa y propositiva. Por lo que deberá poseer "*habilidades mentales diversas*" para: observar, describir, argumentar, interpretar y proponer.

Las experiencias en la asignatura Integradora I, muestra que no se alcanzan en el ingreso esas competencias en muchos alumnos y esto hace necesario trabajar con los alumnos haciendo énfasis sobre estos aspectos.

En el Encuentro de Ciencias Empíricas en Ingeniería I (Gomez, L.; Cuadrado, G.; Bello, C.; Harth, R.; Fernández, J.: 2010) a estas competencias se las identificó como "*habilidades mentales diversas*" y son algunas de las competencias de la Lógica Aplicada o Lógica Práctica, que actualmente suele llamarse *pensamiento crítico* ("*critical thinking*") y que el CONFEDI reconoce como necesarias para TODAS las Ingenierías (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería: 2006). Se ha descrito este concepto, como de pensamiento crítico y se le asignó gran importancia para desarrollarlo en los niveles iniciales de las carreras de ingeniería.

Otros autores como Resnick y Klopfer, Ausubel, Delgado Rubí han descrito el comportamiento de los expertos al utilizar estas competencias y dan pautas claras sobre el modo de desarrollar esa competencia en los alumnos.

Cuando se diseñó la asignatura *Integradora I*, el trabajo que se propuso desplegar en el desarrollo, tubo como base trabajar en las competencias de resolver problemas, que depende en modo directo del conocimiento y uso del Sistema Básico de Habilidades Matemáticas (SBHM), de ciertas estrategias que organizan el trabajo de resolución, basadas en la elaboración de modelos y de un tratamiento importante de las competencias de comunicación, interpretativas, argumentativas y propositivas.

Cuando se analiza como trabaja del cerebro humano cuando los sujetos se enfrentan a problemas científicos tecnológicos, se

puede proponer un esquema del modo que los sujetos utilizan durante el tratamiento cognitivo cuando despliegan estrategias y relaciones para resolver dichos problemas.

Durante el proceso de formación, los sujetos, acumulan conocimiento a través del sistema representativo, este sistema está dominado por las funciones cognitivas. La función memoria es la función de sostenimiento del sistema semiótico, en ella se encuentran tres almacenes básicos, el *Almacén de Soluciones conocidas* “ASC”, el *Almacén de estrategias de tratamiento* “AET” y el *Almacén de conocimientos* “AC”.

En el *Almacén de Soluciones Conocidas*, se mantiene y son pasibles de evocación los casos conocidos, sea porque se han resuelto, porque se han experimentado o porque se han ingresado por medio del estudio y análisis de casos. Este almacén se va completando con experiencias, estudio y eventos episódicos durante toda la vida.

En el *Almacén de Estrategias de Tratamiento*, se acumulan aquellas estrategias que los sujetos van desarrollando por observación, necesidad o entrenamiento, este último caso es lo que justifica la formación educativa y que se basa en el desarrollo de las funciones cognitivas; desde el punto de vista genético como un proceso natural en los seres humanos (Piaget, J.: 1973) y desde un punto de vista de la interacción social (Vygostky, L.: 1985). Un componente, que es parte importante para la resolución de problemas de ingeniería que se instala en este almacén, es el *Sistema Básico de Habilidades Matemáticas* (SBHM), se sostiene que en el Sistema Básico de Habilidades Matemáticas (Delgado Rubí J.: 1998), tanto la concepción del trabajo metodológico, como el proceso de enseñanza de los procedimientos generales matemáticos es consecuente con el carácter necesariamente sistémico que éstos tienen, como parte de la conducta de un profesional experto, que usa intensivamente la matemática. El conjunto de todos los procedimientos generales matemáticos se presenta como una determinada totalidad imprescindible para el trabajo con la matemática y sus modelos.

Luego está el *Almacén de Conocimientos*, allí se acumula el conocimiento adquirido, el que se adquiere de la interacción social no científica que serían las creencias, tales como los mitos, las

leyendas y la religión. Además, también se acumula en el todo lo que responde a la formación metódica o cuerpo de conocimientos científicos, compuesto por conceptos, principios, leyes, teorías y meta teorías, ejemplo de esto son la Matemática, la Física, las ciencias sociales y como muy importante, la *Epistemología*.

El trabajo llevado adelante con los alumnos se basa en los conceptos de sistemas y entre ellos en *modelos*, que son los sistemas más utilizados en la Ingeniería, el procedimiento seguido para modelar y algunas estrategias para resolver problemas, que responden al SBHM. El trabajo propuesto implica utilizar una sistémica para la resolución de problemas y estrategias de elaboración de modelos sencillos, estas permiten abordar los trabajos en forma ordenada y secuenciada.

Para mostrar este modelo de trabajo del cerebro humano se ha preparado un esquema de cómo se almacena el conocimiento formando la estructura cognitiva de los sujetos, este esquema se puede observar en la tabla N° 1. Esta tabla muestra como la estructura cognitiva tiene dos grandes bloques, uno es el sistema semiótico que sería el que es y cómo se acumula el conocimiento en general (lenguajes), el otro es el sistema mismo de almacenamiento que llamamos la Memoria o sistema de registro, allí estaría el espacio de almacenamiento y los sistemas de trabajo de dicho sistema.

En la memoria está todo lo que es un sujeto, tanto desde el punto de vista cognitivo, el sensorial que tiene que ver con todos los eventos que impresionan nuestros sentidos y el psico-kinético que es la memoria de trabajo muscular que permite manejar el cuerpo, un ejemplo claro de esto es que recordamos todo lo que se debe hacer para, caminar, andar en bicicleta, saltar, correr, manejar, jugar al tenis y todas aquellos trabajos musculares que hacemos una vez aprendidos, son parte natural durante la vida que desplegamos y se han vuelto automáticos, pero que han sido resultado de un proceso de aprendizaje y entrenamiento.

Tabla N°1: Esquema de la Estructura cognitiva de los sujetos, fuente propia.

<b>ESTRUCTURA COGNITIVA DE LOS SUJETOS</b>			
<b>Sistema Semiótico</b> (sistema simbólico que permite)			<b>MEMORIA</b> Sistema de almacenamiento que permite contener los tres almacenes  + <b>Sistemas de procesamiento de la función memoria</b>  Ingreso de información Almacenamiento Evocación Transformación Olvido
Almacén de soluciones conocidas <b>ASC</b>	Almacén de estrategias de tratamiento <b>AET</b>	Almacén de conocimientos <b>AC</b>	
Como se hacen algunas cosas	Como se tratan las cosas conocidas y no conocidas	Como son las cosas	
<b>EPISODIOS</b> (experiencias)  + <b>CASOS CONOCIDOS y RESUELTOS</b> Caso 1 Caso 2 Caso 3 . . . . . Caso n	<b>FUNCIONES COGNITIVAS</b> (Funciones básicas de tratamiento de información)  Interpretar (lenguaje) Relacionar Comparar Clasificar Evaluar Analizar Vincular  + <b>SBHM</b> Sistema Básico de Habilidades Matemáticas	<b>CREENCIAS</b> (formación no científica) Mitos Leyendas Religión  + <b>CUERPO DE CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS</b> (formación científica) Conceptos Principios Leyes Teorías Meta teorías  Epistemología + Matemática + Física + ciencias sociales	

A partir de este esquema que trata de explicitar la estructura cognitiva de los sujetos y el estudio sistematizado de cómo se resuelven problemas en ingeniería mediante los proyectos de investigación 25/J029, 25/J036, 25/J053 y 25/J067 de la SECyT en la UTN Facultad Regional Mendoza; se han elaborado estrategias para la resolución de problemas de matemática, física y de la práctica activa en actividades de ingeniería y se muestran en el plan de trabajo de la tabla N° 2.

Tabla N°2: Etapas y tareas del proceso de resolución propuesto, fuente propia.

Analizar	Estudio del problema Determinación de estados: Datos (estado inicial) e Incógnitas (estado final)
Planificar	Relacionar teorías y hacer hipótesis simplificadoras Desarrollar un objeto modelo Definir caminos de búsqueda y definir transformaciones posibles
Implementar	Iniciar ejecución del plan → Comparar → verificar, evaluar Continuar o iterar → Proseguir plan. Verificar → continuar o iterar → Finalizar transformaciones
Resolver	Calcular Presentar resultados Sacar conclusiones

Para introducir esta sistémica se ha estado utilizando la presentación de casos en un modo de guión que permita ir acumulando soluciones en el *Almacén de Soluciones Conocidas*, mostrando el trabajo que hace un resolvente entrenado, explicitar estrategias y uso del SBHM que además ingresa información al *Almacén de Estrategias de Tratamiento*.

El guión utiliza una estructura de tres columnas donde en una de ellas, la columna central, se muestra el modo general de trabajo que responde al plan esquematizado anteriormente, en la columna izquierda el desarrollo del proceso con sus deducciones y argumentaciones para el problema que se resuelve y la columna derecha, donde se muestran una serie de preguntas que el resolvente puede ir haciéndose (en el caso de trabajar el problema en equipo, las preguntas se las pueden ir haciendo unos miembros a otros), esto se denomina mayéutica y es un poderoso método de guía de trabajo.

Tabla N°3: Estructura del guión para presentación, interpretación y visualización de estrategias utilizadas, fuente propia.

PROCESO	ETAPA DEL PLAN	MAYEUTICA
Informe de todo lo actuado en forma justificada y argumentada	Analizar	Preguntas que guían el proceso cuando se sigue el plan
	Planificar	
	Implementar	
	Resolver	

Este guión pretende mostrar cómo se enlazan las etapas del plan de trabajo con los procesos que van produciéndose al resolver, también los tipos de preguntas que pueden hacerse para auto guiarse (al trabajar solo) en el desarrollo. Si se trabaja en equipo, la mayéutica pasa a ser la estrategia de trabajo por excelencia, es la base del trabajo en equipo que guía y hace participe a todos miembros en forma muy activa e integradora.

### **Proceso cognitivo que despliegan los resolventes**

En la bibliografía donde se analiza el modo de trabajo de un resolvente experto (Resnick L., Klopfer L.: 1989), se muestra que el resolvente utiliza su estructura cognitiva de un modo dinámico no lineal y que resulta muy eficiente. Para explicar y entrenar a los alumnos en este modo de trabajo, se a propuesto un esquema que muestra cómo se usa la estructura cognitiva y para ello se ha desarrollado el esquema de la figura N°1.

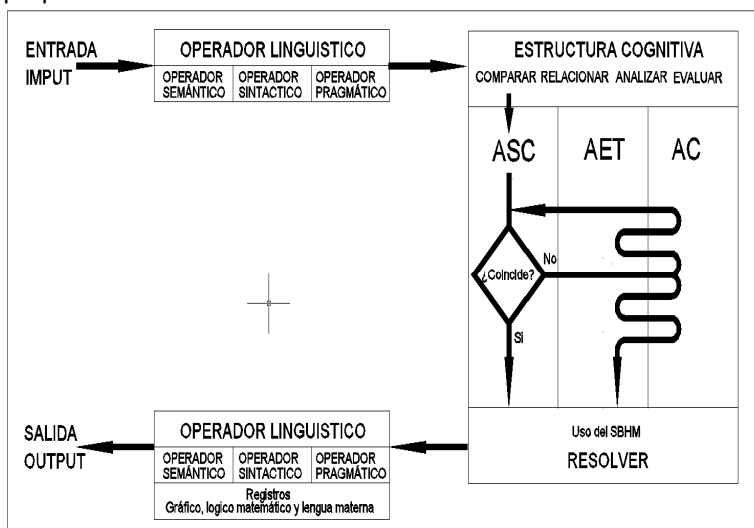
Frente al planteo de un problema en forma textual como se acostumbra hacer en los ámbitos de estudio universitario, el resolvente interactúa con el texto a través de su operador semiótico para obtener el significado de lo que se le plantea. Los estudios sobre los sistemas representativos (Gianella, A.: 2002) muestran cómo funciona este operador y cada uno de los componentes del mismo, esto le permite al sujeto, obtener una significación del texto.

Una vez comprendida la entrada (imput), la atención pasa a la estructura cognitiva, donde el tratamiento esta dominado por las funciones cognitivas básicas, de modo de relacionar la necesidad



planteada con los elementos existentes en los almacenes se definieron. Es fácil de entender que lo primero que se hace a partir de este punto es buscar en el *Almacén De Soluciones Conocidas*, si allí se encuentra el caso (entonces, se ha hecho una economía de pensamiento importante), resolver es solamente aplicar este caso y hacer la salida a través del operador semiótico para ponerla en modo lingüístico de modo de poder comunicarla.

Figura N° 1 Esquema de trabajo de las estructura cognitiva de un resolvente frente a la solicitud de un problema propuesto.



En el caso de no encontrar una coincidencia en las soluciones conocidas, la atención se desplaza a los otros almacenes, se buscan estrategias que pueden ser guiadas por algún caso parecido, se relacionan los datos con los componentes del cuerpo de conocimientos científicos existentes en el *Almacén de Conocimientos*, puede darse entonces el caso de obtener un modelo nuevo que presente una solución, de ser así se sigue el camino a la salida como ya se explico.

También puede darse el caso que esto requiera de resoluciones parciales que estén como algún caso conocido y se utilicen, haciendo un proceso de utilización integrada de los elementos

que contiene los distintos almacenes, como en estos casos siempre se trata de soluciones de física, matemática o ingeniería, el SBHM siempre está operando sobre el proceso para terminar de resolver (recordar que se resuelve con modelos matemáticos).

### **Algunas dificultades que muestran los alumnos ingresantes al aplicar el método**

El trabajo con los alumnos está orientado a entrenar estos modos de tratamiento de los problemas. En la práctica de la asignatura Integradora I, se ha detectado que los alumnos tienen algunas dificultades para resolver al inicio del curso, una muy notoria, es la incapacidad para planificar, la experiencia acumulada con 6 cohortes, muestra que aproximadamente el 90% manifiesta este inconveniente.

Cómo el modo de trabajo requiere que los alumnos generen un pequeño plan estratégico durante los procesos de resolución, este consiste en definir un *conjunto de acciones futuras para lograr un objetivo* (B.J.Hodge, W.P.Anthony, L.M.Gales: 1998), tales como estrategias de tratamiento, de relacionamiento, de simbolización, de verificación, modos de procesamiento de información y del uso del SBHM entre otras necesarias para organizar el trabajo.

El guión que presentamos, permite mostrar y explicitar cómo se hace este proceso, pero la mayor dificultad que se detecta radica en la falta de los elementos necesarios que deben estar presentes en los almacenes de su estructura cognitiva. Un SBHM débil impacta muy fuerte sobre el proceso, lo que inhabilita al sujeto para planificar y resolver.

Otra dificultad muy marcada es la falta de prerrequisitos en física. Si se observa la tabla N°1, se puede entender que en un *Almacén de Conocimientos* con escasos conocimientos científicos, no se tiene oportunidades de encontrar elementos que se relacionen con los planteos de la entrada.

Al inicio del curso, esta dificultad tiene una fuerte influencia con porcentajes del 80% de la cohorte, disminuyendo en el transcurso del año por el impacto que producen las asignaturas del primer año, que van introduciendo elementos en los almacenes de la estructura cognitiva de los alumnos.

## Conclusiones

Importa considerar que la estimulación de las funciones cognitivas juegan un papel excluyente en todo el proceso de resolución de problemas, la función semiótica actúa sobre la totalidad de la estructura cognitiva por lo que se hace excluyente trabajar en su desarrollo.

El aprendizaje mediante la resolución de problemas moviliza y refuerza la estructura cognitiva y muestra un contraste importante sobre el aprendizaje mimético, induciendo a los alumnos a desempeñarse con autonomía.

Para la ingeniería el SBHM es la herramienta que permite regular el proceso de resolución de problemas.

## Bibliografía

- Buch, T. (2006). *Sistemas tecnológicos. Contribuciones a una teoría general de la artificialidad*. Buenos Aires: Aique.
- CONFEDI. (2006). 1º acuerdo sobre competencias genéricas, “2º taller sobre desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería Argentina” Experiencia piloto, terminales de Ing. Civil, Electrónica, Industrial, Mecánica y Química. La Plata: UNLP.
- CONFEDI (2005) 37ª Reunión Plenaria. Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías 2005 – 2007. Santa Fe, mayo 2005. p.14 y 15. Las mismas son afines con las del Primer Taller del CONFEDI en Carlos Paz, abril 2005.
- Delgado Rubí, J. (1998). *Cuestiones de didáctica de la matemática*. Rosario: Homo Sapiens.
- Gianella, A. (2002), *Lógica simbólica y elementos de metodología de la ciencia*. Buenos Aires: Ed. Cooperativas.
- Gómez, L.; Cuadrado, G.; Bello, C.; Harth, R.; Fernández, J. (2010). El pensamiento crítico: competencia básica de las carreras de Ingeniería. En *Educación de ciencias empíricas en carreras de ingeniería*. Mendoza, U.T.N.
- Gómez, L.; Cuadrado, G. (2010). Nuevos curriculum de ingeniería en la UTN. ¿Competencias o contenidos? En: *Educación de*

*ciencias empíricas en carreras de ingeniería*. Mendoza, U.T.N.

Hodge, B.J.; Anthony, W.P.; L.M.Gales. (1998). *Teoría de la organización, un enfoque estratégico*. Prentice Hall.

Piaget, J. (1973). *La psychologie de L'Intelligence*. Paris: Libraire Armand Colin, Buenos Aires: El Gráfico/Impresores.

Resnick L, Klopfer L. (1989) *Curriculum y cognición*. Buenos Aires: Aique.

Vygostky, L. (1985). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires, Pléyade.

\* \* \*