

RESOLUCION CREATIVA DE PROBLEMAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS INGENIERIAS

ARMANDO RUGARCIA TORRES*, ARACELI DELGADO FRESAN*

Introducción

La vigencia que hoy se le reconoce a la temática de la creatividad es consecuencia de nuestro enfrentamiento cotidiano, ya sea en la sociedad, en la política, la economía, las ciencias, etc., con quehaceres y situaciones que sólo podrían resolverse mediante una consciente activación de esa disposición de la personalidad que llamamos, precisamente, creatividad**.

En el ámbito de la educación esta temática se presenta con especial vehemencia para los docentes, ya que a partir del hecho de que las situaciones nuevas que afrontamos nos fuerzan a dar respuestas inéditas, nos damos cuenta de que la necesidad de una educación creativa se impone, pues la característica del mundo en que vivimos es la de estar en constante cambio. Frente a aquel concepto de que la educación consiste en recibir la cultura ya elaborada, hoy se destaca la urgencia de una educación renovadora, enfocada hacia el logro de innovaciones valiosas. De aquí la responsabilidad que tienen los docentes, de propiciar el cultivo de la creatividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante su concientización en estrategias didácticas enlazadas a las materias escolares, no sólo en las bellas artes, sino también en las ciencias y en las ingenierías. Una de las estrategias que ha probado su eficacia para promover la creatividad y otras capacidades humanas es la resolución de problemas, que a continuación consideramos desde el punto de vista de varios investigadores.

Resolución Creativa o No Creativa de Problemas

En general, podemos decir que un problema es una pregunta para la cual no hay una respuesta en el momento. Un problema se caracteriza por un conjunto de situaciones relacionadas, ante las que una persona debe responder para funcionar en su medio ambiente (Woods y otros, 1980). Resolverlo es, entonces, una combinación de ideas que genera una respuesta.

Muchos autores se han interesado en estudiar el hecho de la resolución de problemas. Fuller (1973), por ejemplo, encontró que los problemas tienen ciertos factores comunes como son la multiplicidad de soluciones aceptables, la inseguridad en datos y respuestas, las características cuantitativas, morfológicas y sociales, la complejidad en la solución y el retraso en la evaluación. Woods y otros (1980) definen la resolución de problemas como un proceso conductual de naturaleza actuante o cognoscitiva, que hace disponible una variedad de respuestas (alternativas) potencialmente efectivas para encarar la situación problemática e incrementar la probabilidad de seleccionar la mejor de ellas.

El que estos autores coincidan en afirmar que un mismo problema puede tener diversas respuestas, aunado al trabajo de tipos psicológicos en ingeniería iniciado por McCaulley (1976) en la Universidad de Florida, que reforzó la idea de que la gente decide en diferente forma, nos lleva a pensar que también existen muchas maneras de resolver problemas y nos da pie para proponer la coexistencia de varios enfoques para resolverlos.

Por lo que antecede podemos señalar que existen cuatro modelos principales para explicar la resolución de problemas como actividad humana:

- a) Modelo conductista: la solución del problema es un proceso de prueba y error, compuesto de tres principios: estímulo (problema), respuesta (solución), recompensa (consecuencia).

* Centro de Didáctica de la Universidad Iberoamericana.

** Capacidad de dar soluciones o ideas propias y novedosas ante un problema o situación.

- b) Modelo cognoscitivo: los psicólogos cognitivos tratan de explicar la solución de un problema como un proceso consciente. Ellos perciben los hábitos y el conformismo como algo que afecta negativamente a la resolución de problemas.
- c) Modelo de procesamiento de información: Newell y Simons (1972) sugieren que la resolución de problemas puede ser modelada por una máquina procesadora de información (computadoras).
- d) Modelo experimental: este modelo está basado en la observación de quienes resuelven exitosamente problemas en su trabajo. Se han observado tres fases: de diagnóstico, analítica y de solución.

Bajo uno o varios de estos modelos, algunos autores han intentado tipificar problemas o la forma de resolverlos con el fin de facilitar su solución o de hacerla formativa. Sears (1977), por ejemplo, distinguió varios tipos de problemas; a saber:

- a) Problemas simples y cerrados: un procedimiento establecido sirve para obtener una respuesta correcta.
- b) Problemas complejos y cerrados: varios procedimientos alternativos dan sólo una respuesta correcta.
- c) Problemas abiertos: procedimientos diversos conducen a respuestas o resoluciones alternativas.

No obstante lo anterior, los factores diferenciadores entre lo creativo y lo no creativo no residen tanto en el problema como en la característica de la solución o soluciones generadas, de donde cualquier problema puede resolverse en forma creativa o de manera analítica, independientemente de la estrategia que se emplee o de que el problema sea simple o complejo.

Aunque es claro que en la vida personal y en la vida profesional nos enfrentamos a muchos problemas y aprendemos a resolverlos de diversas maneras, esto no significa que siempre encontremos la mejor respuesta para el problema que nos atañe. En algunos casos esta cuestión quizá no sea muy importante, pero si hablamos de educación sí lo es, ya que se trata de capacitar a la persona para buscar y encontrar cada vez mejores respuestas.

De ahí la necesidad no sólo de promover la solución de problemas, sino de hacerlo en forma creativa. En última instancia, los problemas constituyen el material componente de todo trabajo y esfuerzo humano (Jackson; Kleinmuntz; y Rubinstein, 1975); por eso, su resolución es una fuente de riqueza para el desarrollo tanto de la inteligencia (Whimbey, 1975 y Raanheim, 1974) como de la creatividad, al mismo tiempo que se aprenden conceptos y sus aplicaciones.

Edward de Bono (1971) hace una importante distinción entre pensamiento divergente y convergente al resolver problemas. Esto se relaciona con la creatividad, ya que el pensamiento convergente conduce a una reducción de las alternativas hasta llegar a una solución, mientras que el pensamiento divergente lleva a una ampliación de la definición y de las restricciones del problema, de modo que sea posible generar una gran variedad de soluciones posibles, muchas de las cuales son aceptables y algunas de ellas pueden ser creativamente superiores. Esta parece ser una de las diferencias críticas entre el proceso de solución de problemas creativo y las soluciones de tipo analítico, es decir, entre la mentalidad creativa y la no creativa.

Hay otros ejemplos al respecto, como los trabajos de Dean y Plants (1978) o Davis (1973), quienes también se interesaron por la solución de problemas e intentaron definir y usar una taxonomía de resolución de los mismos. Los primeros clasifican la solución de problemas en rutinas, diagnóstico, estrategias, interpretación y generación, de acuerdo con las actividades que llevan a cabo los estudiantes en el campo de la ingeniería mecánica y civil cuando resuelven algún problema. Dean y Plants también se preocuparon por buscar algunas claves para enseñar estas habilidades a los ingenieros en concordancia con sus niveles de desarrollo. Otros como Lapatra (1978) y Samson (1970) se ocuparon de los aspectos sociales de la resolución de problemas con sus consecuencias. Algunas de las cosas que les preocuparon acerca de la enseñanza de resolución de problemas fueron el cómo, el cuándo y el para qué usar los conocimientos. Para ellos, la resolución de problemas juega un rol social y puede ser usada para promover la justicia social.

Muchos autores se han preocupado por descubrir estrategias para resolver problemas, ya que son necesarias para que los esfuerzos finalicen en forma eficiente con la solución del problema. Que dichas estrategias promuevan la creatividad, o no, dependerá de la relación que se dé entre la persona que pretende resolver el problema, el tipo de problema y el proceso de resolución del mismo. Cuando se habla de estrategias para resolver problemas lo importante es no perder de vista que la creatividad puede presentarse en cualquier punto de la estrategia, desde la definición del problema hasta el hallazgo de la respuesta, aunque es probable, según sea la estrategia seguida, que en una de sus etapas sea más necesaria.

En un trabajo más reciente, Davis (1980) revisa cuatro estrategias para la solución de problemas, cada una de las cuales identifica diferentes tipos de problemas y diferentes procesos de pensamiento. Así, él engloba (sintetiza) en cinco pasos la solución de problemas seguido también por Noller y otros (1977); a saber:

- a) Descubrimiento de datos.
- b) Descubrimiento del problema.
- c) Descubrimiento de la idea.
- d) Descubrimiento de la solución.
- e) Aceptación de la solución.

En cualquier caso, y sea cual sea la estrategia elegida, podemos afirmar que cuando se responde frente a un problema con una reacción definida y aprendida, no interviene para nada la creatividad, ni se expresa cuando no hay variación en la respuesta. En cambio, cuando se contesta un problema simple con una respuesta aguda, es posible que se haya expresado la creatividad. En el caso de problemas complejos, aumenta tanto la cantidad de variaciones en su proceso de solución como el potencial de respuestas creativas. Cuando se propicia la búsqueda de soluciones alternativas se motiva la creatividad, la cual se expresa en el tipo de soluciones. En general, cuanto más complejo es el problema hay más posibilidad de respuestas y, por ende, mayor oportunidad para ejercitar el pensamiento creativo, pero la complejidad del problema no garantiza la creatividad de la solución. Por su importancia, la resolución de problemas se ha ido aplicando cada vez más a la enseñanza de la ciencia e ingeniería, especialmente a partir de los estudios de Polya (1957). El es un ejemplo de los educadores preocupados por encontrar estrategias de resolución, cuya aplicación desarrolle las capacidades Humanas necesarias para enfrentar un problema; entre dichas capacidades se encuentra la creatividad, y adicionalmente, al mismo tiempo se aprenden aspectos de una temática. Su iniciativa ha sido seguida por muchos profesores. Así, Leibold y otros (1976), después de muchos años de haber enseñado a resolver problemas a estudiantes de primer año de ingeniería, sugieren la siguiente estrategia para resolver problemas en dicha área:

- a) Definir lo desconocido;
- b) Definir el sistema;
- c) Listar los conceptos conocidos y escoger símbolos;
- d) Definir las restricciones;
- e) Definir el criterio de selección o de solución, y
- f) Resolver el problema.

En la Universidad Iberoamericana, Rugarcía y Colín (1984) han usado una estrategia general para resolver problemas en ingeniería química. A juicio de ellos y de un gran número de egresados, el aprendizaje y manejo de esa estrategia constituye una buena herramienta para enfrentar los problemas en los cursos, así como para aquellos que se presentan en la práctica profesional. En la tabla 1 se describe esta estrategia acompañada de

las principales capacidades que cada una de sus etapas requiere y las actitudes del resolutor del problema involucradas. De la tabla 1 se puede concluir que, además de la creatividad, otras capacidades humanas están en juego al resolver un problema; asimismo, que las actitudes -y también conocimientos- juegan un papel primordial cuando una persona enfrenta un problema. Además de los anteriores, Sears (1977) enlista nueve acercamientos a la solución de problemas, y concluye que la más usada en la educación de ingenieros es la de Polya (1957), consistente en un enfoque lógico que, acoplado con una mente imaginativa puesta en práctica, proporciona una buena base para la resolución de problemas: Definir el problema, concebir un plan, ejecutarlo, y examinar la solución obtenida.

Podríamos seguir enumerando taxonomías y estrategias para resolver problemas, pero consideramos más importante señalar la necesidad de no perder de vista el hecho de que dichas estrategias se pueden y quizá deben enseñar por su potencial educativo, es decir, por su potencial para desarrollar capacidades humanas al mismo tiempo que se aclaran conceptos durante su aplicación.

TABLA 1
ESTRATEGIA DE RESOLUCIONES DE PROBLEMAS Y PRINCIPALES
CAPACIDADES Y ACTITUDES INVOLUCRADAS

Etapas	Capacidades	Actitudes
DETECTAR SITUACION PROBLEMA TICA	Observación.	Manejo de ansiedad y stress. Confianza. Motivación.
DEFINIR PRO- MA	Análisis. Síntesis. Simplificar. Generalizar. Evaluar. Aplicación de heurísticas. Discriminar.	Atención. Tolerancia de ambigüedad. Mente abierta. Curiosidad. Disponibilidad a posponer juicios.
GENERAR SO- LUCIONES	Creatividad. Aplicación de heurísticas.	Disposición a aceptar errores o malas soluciones y a posponer juicios.
SELECCIONAR SOLUCION	Juicio. Análisis. Toma de decisiones. Evaluación.	Sistematicidad. Atención al detalle. Tenacidad.
REVISAR, PREVER, IM- PLEMENTAR	Previsión. Comunicación. Creatividad.	Objetividad. Honestidad. Persistencia. Decisión.

La Enseñanza de la Resolución de Problemas

Aprender a resolver problemas es un ingrediente esencial en la educación de ingenieros ya que, como afirma Fuller (1973), en la vida profesional difícilmente se enfrentarán con la pregunta "conocida". Por otra parte se ha observado que los estudiantes de ingeniería se encuentran con múltiples limitaciones y dificultades para enfrentar problemas de su área, de donde resulta preciso atender tanto a los pasos necesarios para llegar a la solución de un problema y al desarrollo de las habilidades necesarias para conseguirlo, como al aprendizaje de conocimientos.

Respecto a la relación conocimientos-resolución de problemas Döbeling (1974) piensa que las dificultades de los estudiantes no se deben a la carencia de conocimientos científicos, sino a no saber cómo aplicar lo que saben a situaciones no familiares. Wales (1967) abunda al respecto, pues piensa que muchas veces los conocimientos, más que un aliado en la resolución de problemas, se convierten en un enemigo para los estudiantes cuando creen que sólo a través de la memorización de información (cuanto más mejor) se pueden resolver problemas. El conocimiento, piensa Wales, es la materia prima, y la “sabiduría” es la herramienta que hace que esta materia prima sea útil; de ahí la necesidad de ir más allá de los conocimientos para atender al proceso de resolución de problemas, que es precisamente donde se inserta la creatividad.

Larking y Reif (1977) señalaron que aunque conseguir lo anterior es un objetivo que los profesores ordinariamente se proponen en forma implícita, conviene explicitar las habilidades y dificultades que dicho proceso implica, pues así será más probable que los estudiantes lleguen a adquirirlas y puedan aplicarlas a diferentes situaciones.

Para muchos educadores, la ingeniería se puede identificar con la solución de problemas. Greenfield (1979, 1980), como fruto de su experiencia en la educación de cientos de ingenieros, declara que el ingeniero es un resolutor de problemas. Ella también advierte que en la solución de problemas, la habilidad matemática de algunos estudiantes les hace innecesario entender los aspectos físicos y que usan el álgebra para evitar la acción de pensar. Al analizar la manera en que los novatos y los expertos resuelven problemas, ella encontró que los expertos no brincan directamente a una solución cuantitativa, sino que primero describen el problema en términos cualitativos. Parece ser que los novatos almacenan en su mente los principios físicos en forma individual, mientras que los expertos los almacenan agrupando aquellos que están conectados. Ella sugiere los siguientes tips para promover entre los estudiantes el desarrollo de habilidades en la resolución de problemas:

- a) A medida que un problema se resuelve en clase, reduzca el énfasis en la respuesta y, por el contrario, haga énfasis en el proceso que siguió para resolverlo;
- b) muestre a los estudiantes cómo discriminar entre la información relevante y no relevante en el proceso de resolución de problemas;
- c) llame la atención de los estudiantes hacia el proceso por el cual es posible dividir el problema en subpartes más manejables;
- d) permita que los estudiantes se den cuenta del proceso seguido en el desarrollo de un plan de solución a un problema, sin importar que ésta conduzca a comienzos equivocados. Así, ellos aprenden a reconocer caminos equivocados en la solución de problemas, así como la forma de checar la consistencia de la solución, y
- e) asegúrese de que el estudiante entiende las relaciones entre las variables de una ecuación y no que únicamente está sustituyendo números en una ecuación al resolver un problema.

Leibold (1976) presenta los detalles sobre la estrategia de Polya para resolver problemas, tal como se acostumbra en la Universidad de McMaster. Leibold afirma que los estudiantes no se dan cuenta de la importancia de un buen diagrama y se vuelven descuidados en los hábitos de resolución de problemas. El establece que un muy mal hábito en la resolución de problemas de ingeniería es el de “llegar” a una solución por medio de la ecuación que contiene más variables de los datos.

Recientemente Resnick (1983) y algunos otros ingenieros han estado insistiendo en aspectos cualitativos de problemas científicos y matemáticos.

Tin (1979) piensa que las dificultades de la mayoría de los estudiantes en la resolución de problemas de física se deben a la carencia de una estrategia sistemática para abordarlos. Algunos estudiantes buscan el camino del menor esfuerzo, otros buscan aleatoriamente la ecuación correcta para resolver el problema, otros más sólo resuelven casos especiales (esta estrategia contrasta claramente con la de los físicos experimentados, quienes

más bien manejan principios generales de los que derivan relaciones específicas) y, por último, están los que prefieren trabajar los problemas en forma numérica en lugar de hacerlo en forma simbólica. Lin concluye diciendo que tenemos que establecer explícitamente qué es lo que esperamos de nuestros estudiantes.

En un trabajo extensivo de Sirola (1980) y de Rudd y otros (1974) se muestra la necesidad de manejar y, en consecuencia, enseñar el uso de la heurística o tips para resolver problemas complejos en ingeniería química. A su vez, Brightman (1980), en su libro sobre resolución de problemas para estudiantes de administración, establece que no fue la carencia de un conocimiento técnico lo que impidió a los estudiantes resolver problemas, sino que fue su falta de habilidad para aislar el problema real de todos los síntomas.

Aubel (1980) propone la siguiente estrategia para enseñar habilidades analíticas para la resolución de problemas en física:

- a) Establecimiento del problema;
- b) análisis físico del problema, y
- c) análisis matemático.

D'Amour y Wales (1977) proponen el uso de un "Diseño guiado" para manejar y enseñar actitudes y valores en la resolución de problemas. A través de aquél, se da un manejo más realista en la resolución de problemas. Larking (1979) recomienda:

- a) Observar en detalle el proceso usado por los expertos en resolución de problemas;
- b) abstraer y recapitular las características esenciales de estos procesos, y
- c) mostrar directa y explícitamente estos procesos a los estudiantes.

La verbalización de los pasos y razones que se siguen o dan al resolver un problema de ingeniería fue seguido por primera vez por Hatton (1967), pero recientemente ha sido acentuada entre los expertos en enseñar a resolver problemas (Greenfield, 1979)

Entre los estudiosos más serios de la resolución de problemas podemos citar a Woods, quien junto con otros (1979) descubrió que los estudiantes tenían ciertas debilidades comunes al resolver problemas, y que a menudo la verdadera razón para no poder resolverlos era el no contar con las habilidades o capacidades necesarias para hacerlo. Ellos distinguieron algunos elementos o prerrequisitos necesarios para que los estudiantes puedan resolver problemas, por lo que es conveniente tenerlos en cuenta cuando se trata de enseñarles a hacerlo. Dichos prerrequisitos incluyen:

- a) Conocimientos básicos de la temática manejada;
- b) factores de experiencia memorizados;
- c) habilidades de comunicación;
- d) habilidades de trabajo en equipo;
- e) habilidades de agrupamiento;
- f) habilidad para analizar, sintetizar, tomar decisiones y generalizar;
- g) motivación, y
- h) habilidad para usar una estrategia en la resolución de problemas.

En vista de la situación detectada, Woods y los otros autores plantearon la necesidad de modificar y enriquecer lo que se estaba haciendo al respecto. Para ello propusieron introducir la resolución de problemas como una materia, incrementar la captación del alumno de su propio proceso de resolución de problemas, identificar e internalizar en él alguna estrategia para resolver problemas y, eventualmente, para ayudarle a desarrollar sus propias estrategias, desarrollar habilidades al aplicar la estrategia mencionada, ayudarle a identificar y desarrollar cualidades personales y preferencias que afectan su capacidad para resolver problemas, así como desarrollar habilidades de aprendizaje, creación, análisis, generalización y simplificación.

A raíz de sus experiencias al tratar de desarrollar habilidades para resolver problemas, Woods y otros (1975) recomiendan lo siguiente:

- a) Intensificar y relacionar el método seguido con una estrategia general de resolución de problemas.
- b) Establecer estímulos y reforzadores para la actividad adecuada del estudiante.
- c) Relacionar cualquier tip sobre resolución de problemas (por ejemplo, cálculos de orden de magnitud), con los problemas que los estudiantes tienen que resolver como tarea.

Ellos también apoyan las recomendaciones de otros autores sobre cómo enseñar a resolver problemas, tales como permitir que los estudiantes describan qué es lo que están haciendo mientras resuelven algún problema.

Entre los múltiples esfuerzos por enseñar a los estudiantes a resolver problemas, vale la pena citar algunas tácticas y/o estrategias propuestas.

Whimbey y Lockheed (1980) detectaron que los estudiantes con frecuencia fallan al observar y usar todos los hechos relevantes de un problema, así como al abordar el problema de manera sistemática, es decir, paso a paso; ellos también observaron que, al establecer las relaciones entre los componentes del problema (capacidad analítica), los estudiantes son descuidados e imprecisos en la realización de actividades mentales. A partir de estos datos establecieron que para lograr que los estudiantes sean mejores resolvedores de problemas, se debe promover una actitud positiva concerniente a la exactitud, un rompimiento del problema en partes, evitar adivinar y, por último, una actividad intelectual constante.

Gagné (1971) dice que para promover el desarrollo del pensamiento orientado a la solución de problemas se deberían diseñar situaciones interesantes y desafiantes, cuyo reto sea compatible con las habilidades y conocimientos de los estudiantes. Este autor establece que para enseñar a los estudiantes a pensar, se debe hacerles resolver muchas variedades de problemas con el objetivo de usar las habilidades previamente aprendidas, en situaciones diversas.

Los esfuerzos que uno de los autores de este artículo ha realizado en sus cursos en ingeniería química durante diez años, le llevaron a concluir que los principales aspectos para enseñar a resolver problemas son:

- a) La actitud del maestro hacia la educación y hacia la resolución de problemas como una estrategia excelente para enseñar y desarrollar habilidades y actitudes propias de la ingeniería.
- b) La habilidad del maestro para diseñar problemas conectados con la realidad de la profesión, los que, sin dejar de ser un reto para el alumno, estén al nivel de sus conocimientos y grado de desarrollo de sus habilidades intelectuales.
- c) El énfasis que hagan tanto el profesor como los alumnos, en el proceso para resolver problemas y en el desarrollo de las habilidades que al seguirlo se desarrollen: El profesor, en el diseño de problemas y en la explicitación de estos aspectos; y los alumnos, en el empeño personal en la resolución de los problemas.

Otros ejemplos de autores interesados en la resolución de problemas son Hayman y Anderson (1980), quienes proponen las siguientes reglas para resolver problemas:

- a) Leer rápidamente los elementos de un problema varias veces, hasta que emerja un patrón que dé sentido a todos los elementos simultáneamente;
- b) suspender el juicio o la crítica: no establecer conclusiones;
- c) variar el arreglo temporal y espacial de los materiales;
- d) producir una segunda solución después de la primera;
- e) evaluar críticamente sus propias ideas y constructivamente las de otros;
- f) cuando se “atore”, cambie la representación de su sistema, y
- g) cuando no sepa qué hacer, tome un descanso.

Perkins (1976) comenta que la mayor satisfacción en la enseñanza de la resolución de problemas, en su curso de topografía, fue el haber incrementado la habilidad de los estudiantes para actuar independientemente en la resolución de problemas, inclusive en áreas poco conocidas. Fuller (1973) piensa que debería enseñarse a resolver problemas de acuerdo con los siguientes pasos:

- a) Estudiar el proceso de resolución de problemas;
- b) crear confianza en el estudiante;
- c) analizar el proceso que sigue el estudiante en la solución de problemas y mejorarlo basándose en una serie de conceptos, y
- d) los problemas “escolares” deben ser más significativos para el estudiante y contener más elementos reales que verdaderamente se presenten en problemas de ingeniería.

Hirschhorn (1973) resalta tres puntos críticos relacionados con la enseñanza de resolución de problemas:

- a) La resolución de problemas debe ser precedida por preguntas y respuestas acerca del problema por parte de los estudiantes;
- b) la conciencia de que la experiencia de un resolvidor de problemas va acompañada por sus actitudes y sus características psicológicas, y
- c) los maestros de ingeniería deben compartir abiertamente su experiencia en resolución de problemas.

Wickelgren (1974), en su trabajo sobre métodos de resolución de problemas, declara que aunque se tuviera éxito o no en la resolución de algún problema en particular, el esfuerzo por hacerlo será educativo e interesante. El defiende la posición de que un problema abierto puede ser manejado como una serie de problemas cerrados. Los resolvidores de problemas novatos frecuentemente fallan en el uso de sus propias experiencias pasadas en la resolución de un problema.

Plants y Venable (1975) aseguran que la instrucción programada es mejor que las exposiciones, para enseñar a los estudiantes de ingeniería habilidades en la resolución de problemas. Actualmente, después de más de 20 años de enseñar a ingenieros, siguen pensando lo mismo.

Reif (1977), siguiendo el modelo de procesamiento de información para la resolución de problemas en sus investigaciones, ha concluido las siguientes prácticas para la enseñanza:

- a) Ciertas habilidades de aprendizaje que si bien son sencillas resultan importantes, a menudo, aunque no automáticamente, se adquieren como resultado de la enseñanza común en cursos de ciencia;
- b) algunas habilidades generales de aprendizaje se pueden enseñar con éxito si los estudiantes las ven como un objetivo explícito de aprendizaje, y
- c) los esfuerzos en la enseñanza de habilidades generales, útiles en el aprendizaje, pueden conducir a beneficios muy sustanciosos.

Por otra parte, Reif expone que excepto en el caso de problemas muy simples, el buen éxito en la resolución de problemas depende crucialmente de factores mucho más importantes que el mero conocimiento de su contenido básico. Tales factores incluyen la organización de este conocimiento y la estrategia para utilizar el conocimiento disponible. El también estudia las diferencias entre resolvidores de problemas de física novatos y expertos. Un novato tiende a proceder por combinación de fórmulas individuales una por una hasta que logra la solución. Si el problema es moderadamente complejo, el novato a menudo se “traba” y falla en la obtención de la solución. Por el contrario, un experto tiende a aproximarse a un problema sistemáticamente por un proceso de refinamientos sucesivos. Antes de verse envuelto en detalles, hace sus decisiones principales y con frecuencia usa argumentos verbales o diagramas antes de recurrir a alguna ecuación.

Reif (1977) sugiere seguir una estrategia básica en resolución de problemas:

- a) Descripción inicial: descripción del problema en una forma conveniente para resolverlo;
- b) análisis: propiedades generales del problema por resolver;
- c) diseño: selección del método para atacar y ejecutar el problema, y
- d) evaluación: examinar si la solución es correcta y óptima.

El también propone algunas sugerencias positivas para facilitar la enseñanza de la resolución de problemas, tales como:

- a) Enseñar una jerarquía estructurada de base de conocimientos elementales donde la información se describa en diferentes niveles, y
- b) enseñar a resolver el problema por refinamientos sucesivos de aspectos globales a aspectos más detallados del problema.

Wales (1976) propone que los estudiantes resuelvan problemas abiertos*, obteniendo información de la biblioteca o del laboratorio. El también apoya el desarrollo de la habilidad de tomar decisiones y de lograr avanzados objetivos de aprendizaje (análisis, síntesis, evaluación).

*De múltiples respuestas válidas.

Tentativas Para Desarrollar las Capacidades de los Estudiantes

Después de revisar los anteriores ejemplos de pensadores interesados en la resolución de problemas y su enseñanza, nos damos cuenta que a pesar de la utilidad de sus aportaciones, el desarrollo creativo en la resolución de problemas ha sido generalmente olvidado en la educación de ingenieros y el énfasis se ha puesto en el pensamiento analítico. Esto no quiere decir que ningún autor se haya preocupado por la creatividad. Como ejemplo de ello podemos citar a algunos como Davis (1975), que respecto a la psicología de la resolución de problemas establece que el desarrollo del potencial creativo es enteramente voluntario y que está determinado en forma directa por las actitudes del individuo hacia las nuevas ideas, el cambio y la innovación.

Uno de los autores más conocidos sobre creatividad es Edward de Bono (1971), quien señala con énfasis que para ser un resolvidor de problemas efectivo se debe usar tanto un pensamiento vertical como uno lateral. El piensa que la rigidez en el manejo de los conceptos ha sido una severa desventaja en la evaluación social del hombre. Dirkes (1978), por su parte, propone enfáticamente que la actividad para resolver problemas debe promover un pensamiento divergente que estimule la creatividad. Para completar lo anterior, podemos referirnos a Gordon (1980), quien recomienda la diversidad del conocimiento para promover el comportamiento creativo en resolución de problemas.

Para reforzar lo anterior, podemos citar algunas tentativas concretas para desarrollar las capacidades de los estudiantes para resolver problemas, tales como la creatividad paralela al desarrollo del curso. Una primera tentativa fue hecha por Bugliarello (1969), pero no pudo obtener ningún resultado cuantitativo debido a las dificultades que hay para medir la creatividad.

Murphy (1971) hizo un buen intento de cambiar la educación establecida de la ingeniería mediante el diseño de un taller de resolución de problemas para estudiantes de segundo y cuarto año. El propósito de este taller fue desarrollar en los estudiantes habilidades para resolver problemas usando sus conocimientos anteriores. Además de éste, ha habido otros intentos para diseñar cursos específicos para el desarrollo de habilidades en la resolución de problemas. Dove y otros (1971), por ejemplo, llevaron a cabo un curso para desarrollar habilidades en la resolución de problemas dirigido a los estudiantes de ingeniería mecánica.

Stonewater (1976) creó y administró uno de los cursos ofrecidos a los estudiantes de ingeniería de la Universidad de Michigan. Asimismo, Rubinstein (1980) fue el creador de un curso de cuatro unidades titulado "Patrones de Resolución de Problemas" que tuvo mucho éxito en UCLA. Los más de 4,000 estudiantes que lo han tomado incluyen desde principiantes hasta postgraduados y representan a más de treinta disciplinas de estudio.

En el Instituto Politécnico de Rensselaer, se desarrolló un programa de diseño con una parte de teoría y una experimental, orientado hacia la resolución de problemas. Las ventajas que tuvo fueron:

- a) Los aspectos fundamentales del curso de diseño deberían ser estudiados por todos los alumnos de ingeniería.
- b) Se abrió un laboratorio interdisciplinario de diseño en ingeniería para todos los estudiantes de la mencionada rama.

De acuerdo con los autores (Burr y Sandor, 1974), este curso ayudó a los estudiantes a tomar conciencia y a evaluar su probable función en la vida profesional. Desde su establecimiento este programa tuvo mucho éxito y se está extendiendo cada vez más. El hecho real es que la capacidad de los estudiantes de último año para resolver problemas complejos es prodigiosa.

En la Universidad de McMaster (1979) se ha llevado a cabo un proyecto bastante original en el que los estudiantes revelan su individualidad en la manera de atacar problemas. Después de cuatro años de trabajo, la principal conclusión que se ha obtenido es que cada estudiante desarrolla su propio estilo en la resolución de problemas.

En un experimento de aprendizaje de Física, Plants y Venable (1970) encontraron que las habilidades para la resolución de problemas se desarrollan ligeramente mejor cuando se hace una demostración (manipulación física) antes de presentar la teoría.

En un intento por medir el desarrollo de habilidades en ingeniería química, Ferré y López (1985) aplicaron una serie de problemas que indican, aunque no en forma contundente, el efecto sobresaliente de un curso en el desarrollo de habilidades de resolución de problemas, en especial la creatividad. Este es un ejemplo de curso terminal en el que se estimula a los alumnos a resolver problemas empleando principalmente conocimientos de cursos anteriores y una estrategia que permite aplicarlos y desarrollar habilidades para resolver problemas.

Por último, en el proyecto Wisconsin para el entrenamiento en la resolución creativa de problemas en las escuelas, se concluyó (Davis, 1973) que la creatividad se puede enseñar en la universidad, así como que las actitudes y el humor están altamente relacionados con el pensamiento creativo.

Conclusión

Aunque, de hecho, la mayoría de los especializados en el tema liga la toma de decisiones y la creatividad a la resolución de problemas, sus esfuerzos se han orientado preferentemente a especificar el aspecto analítico de la resolución de problemas, que a cultivar el aspecto creativo. Sin embargo, las tentativas enunciadas nos hacen ver que, al parecer, los educadores están cada vez más conscientes de la enseñanza y desarrollo de habilidades para la resolución de problemas tales como la creatividad en el contexto de los cursos de ingeniería.

Todas las aportaciones en torno a la resolución de problemas, citadas en este artículo, pueden ser de gran utilidad en la enseñanza de las materias de ingeniería, pero para que los conocimientos y estrategias propuestos no corran el riesgo de convertirse en obstáculos (en lugar de aliados de los estudiantes) para resolver problemas en forma creativa, pensamos que los profesores deben estar muy pendientes de aquellos factores que Guilford, Torrance y Lowenfeld¹ identifican en la creatividad. Estos factores abarcan desde la sensibilidad para detectar problemas hasta la fluidez o productividad, originalidad, colaboración, y la capacidad para redefinir un objeto, encontrando para él usos múltiples diferentes de lo habitual. Para esto es conveniente recordar que, puesto que los problemas de la creatividad se agrupan en los sujetos creadores, para enseñar a los alumnos a resolver problemas en forma creativa será necesario tener en cuenta tanto los rasgos de su personalidad, como los procesos psicológicos que implica la resolución de problemas. Asimismo, será preciso brindarles tiempo suficiente para sumergirse en el problema y “jugar” con las ideas, es decir, tiempo para el momento de ingenio en lugar de precipitarlos en una búsqueda apresurada y mecánica de soluciones. Esto también implica relegar la evaluación a una fase posterior a la generación de ideas, para no presionar innecesariamente a los alumnos. Y, por último, ya que los productos innovadores se dan en todos los ámbitos de la cultura, sería conveniente promover un ambiente creativo en los cursos de ingeniería en lugar de reducirse a propiciar tan sólo el pensamiento analítico, mediante un contacto más cercano entre los problemas que se proponen y la situación en que se desenvuelven los estudiantes en la vida real.

Por último, no hay que perder de vista que la única manera de desarrollar habilidades como la creatividad en el alumno es promoviendo que el alumno sea creativo, siendo un maestro creativo.

Bibliografía citada

AUBEL, J.L. “Solving Physics Problems”, en Lubkin, J., The teaching of Elementary Problem Solving in Engineering and Related Fields, ESEE, 1980, p. 75.

BONO, DE, E. “The Virtues of Zigzag Thinking”. Chemtech. January, 1971, p. 10.

BUGLIARELLO, E. “Developing Creativity in an Engineering Science Course”. Engineering Education.

¹Diccionario de las Ciencias de la Educación. Santillana, S. A., de Ediciones, Vol. 1, México, 1984.

March, 1969, pp. 877-879.

BRIGHTMAN, H.J. Problem Solving: A Logical and Creative Approach. Georgia State University, Georgia, 1980.

BURR, A.A., and G.N. SANDOR. "Teaching Problem-Solving at Rensselaer". Engineering Education. February, 1974, pp. 357-359.

D'AMOUR, G., and C. WALES. "Improving Problem Solving Skills through a Course in Guided Design". Engineering Education. February, 1977, p. 381.

DAVIS, G. Psychology of Problem Solving. Basic Book Inc., N.Y., 1973.

-. "Your Creative Development". ERM. Fall, 1975, p. 9.

-. "Training for Effective Problem Solving", in J. Lubkin, The Teaching of Elementary Problem Solving in Engineering and Related Fields. ASEE, 1980, p. 1.

DEAN, R.K. and H.L. PLANTS. "Divide and Conquer or How to Use a Problem Solving Taxonomy to Improve the Teaching of Problem Solving". Frontiers in Education Conference Proceeding. 1978, pp. 268-274.

DIRKES, M.A. "The Role of Divergent Production in the Learning Process". American Psychologist. September, 1978, pp. 815-820.

DOBELING, E. ERM. Vol. 7, No. 2, 1974, p. 42.

DOVE, L. et al. Engineering Education. March-june, 1971. FERRE, J.C. y P. LOPEZ. Requerimientos Mínimos del Ingeniero Químico de la UIA, en función de las necesidades actuales y futuras de México. Tesis de Licenciatura. UIA, 1980.

FULLER, O.M. Problem Solving in Engineering Education. ERM. October, 1973, pp. 5-12.

GAGNE, R.M. "Instruction Based on Research Learning". Engineering Education. March, 1971, pp. 519-523.

GORDON, W.J.J. "Discovery by Analogy". Chemtech. March, 1980, pp. 166-171.

GREENFIELD, L.B. "Student Problem Solving". Engineering Education. April 1979, pp. 709-712.

GREENFIELD, L.B. Engineering Student Problem Solving, in Lubkin. 1980, p. 87.

HAYMAN, R. and B. ANDERSON. "Solve it". Chemtech. May 1980, pp. 275-279.

HATTON, M. "Developing an Engineering Problem Solving Strategy". Engineering Education. October, 1967, p. 148.

HIRSCHHORN, J.S. "Problem Solving and Social Responsibility". ERM. December, 1973, p. 39.

JACKSON, L.F. The Art of Solving Problem. St. Martín Press, N.Y., 1975.

KLEINMUNTZ, B., Editor. Problem Solving. Research Method and Theory, R.E. Krieger Publ. Co., N.Y., 1975.

LAPATRA, J.W. "Education Engineers for Social Problem Solving". IEEE Transactions on Education. May 1971, pp. 44-49.

LARKING, J.H. "Processing Information for Effective Problem Solving". Engineering Education. December 1979, pp. 285-288.

LARKING, J. and F. REIF. "Better Instruction with Lower Cost: Some Practical Suggestions". American Journal of Physics. Vol. 45, No. 2. February, 1977, p. 138.

LEIBOLD, B.G., et al. "Problem-Solving: A Freshman Experience". Engineering Education. November, 1976, pp. 172-176.

LIN, H. "The Hidden Curriculum of the Introductory Physics Classroom". Engineering Education. December, 1979, p. 289.

- McCAULLEY, M.H. "Psychological Types in Engineering: Implications for Teaching". Engineering Education. April, 1976, pp. 729-736.
- McMASTER UNIVERSITY PROBLEM-SOLVING PROJECT GROUP. "Developing Style in Problem Solving". Engineering Education. April, 1979, pp. 713-718.
- MURPHY, R. "Problem Laboratory". ERM. June, 1971, p. 74.
- NEWELL, A. and H.T. SIMON. Human Problem Solving. Prentice Hall, N.J., 1972.
- NOLLER, R.B., S.J. PARNES and A.M. BIONDI. Creative Action Book. Charles Scribner's Sons, 1977.
- PLANTS, H.L. and W.S. VENABLE. "Teaching Problem Solving Skills: Theory or Practice First?". Engineering Education. March, 1970, p. 734.
- . "Programmed Instruction vs. Conventional Instruction". Engineering Education. December, 1975, p. 244.
- PERKINS, J. "A Problem-Solving Approach to Teaching a Survey Course". Engineering Education. May, 1976, pp. 845-847.
- POLYA, G. How to solve it. Doubleday Anchor, N.Y., 1957.
- RAANHEIM, K. Problem Solving and Intelligence. The Norwegian Research Council for Science and the Humanities. Oslo, 1974.
- REIF, K. Problem Solving Skills and Human Information Processing: Some Basic Issues and Practical Teaching Suggestions: paper presented at ASEE 85 th. Annual Conference. University of North Dakota. June, 1977.
- RESNICK, L. "Mathematics and Science Learning: A New Conception". Science. 29 April, 1983, p. 477.
- RUBINSTEIN, M.F. Patterns of Problem Solving. Prentice Hall, N.H., 1975.
- . "Patterns of Problem Solving", in J. Lubkin, The Teaching of Elementary Problem Solving and Related Fields. ASEE, 1980.
- RUDD, D.G., POWERS and J. SIIROLA. Process Synthesis. Prentice Hall, N.J., 1974.
- RUGARCIA, A. y F. COLIN. "La Resolución de Problemas en la Ingeniería Química, Parte II: un Reto para la Educación". Revista del IMIQ. Abril, 1984, pp. 32-38.
- SAMSON, R. W. Problem Solving Improvement. McGraw Hill, N.Y., 1970.
- SEARS, J. "Alternatives to Lecture". ASEE Chemical Engineering Summer School Workshop, 1977.
- SIIROLA J.J. "Energy Conservation in Separation Processes". Engineering Foundations Conference. Heniker, N.H. July, 1980.
- STONEWATER, J. . " Introduction to Reasoning and Problem Solving". Course Notes. Michigan State University, 1976.
- WALES, C.E. "Programmed Learning". Engineering Education. February, 1967, p. 433-436.
- . "Improve your Teaching Tomorrow with Teaching-Learning Psychology". Engineering Education. February, 1976, pp. 390- 393.
- WHIMBEY, A. Intelligence Can Be Taught. E.P. Outton, N.Y., 1975.
- WHIMBEY, A. and J. LOCKHEAD. Problem Solving and Comprension, The Frankling Institute Press, Philadelphia, 1980.
- WOODS, D.R., et al. "Major Challenges to Teaching Problem-Solving Skilles". Engineering Education. December, 1979, pp. 277-284.
- . "What is the Problem in Teaching Problem Solving", in Lubkin, J., ed., The Teaching of Elementary Problem Solving in Engineering and Related Fields. ASEE, p. 35.