



II CAIM 2010
Segundo Congreso Argentino
de Ingeniería Mecánica
San Juan - Noviembre 2010

PROBLEMAS INTEGRADORES COMO FORMADORES DE COMPETENCIAS EN LOS ESTUDIANTES, FUTUROS PROFESIONALES DE LA INGENIERÍA

Ing. Rodrigo Agosta^(*1) y Msc. Gloria Alzugaray^(*2)

^{*1} Becario Grupo GIEDI – Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe -
Dr. Benjamin Lavaisse 610 Ciudad de Santa Fe - Provincia de Santa Fe - Argentina Código Postal
(S3004EWB) - E-mail: rodrigo_agosta@hotmail.com

^{*2} Directora del Grupo GIEDI – Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe - Dr.
Benjamin Lavaisse 610 Ciudad de Santa Fe - Provincia de Santa Fe - Argentina Código Postal
(S3004EWB) - E-mail: galzugar@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN

El ejercicio continuo de la interdisciplinariedad, la integración de contenidos y los mecanismos puestos en juego para lograrla, incorporados desde los primeros cursos del CGCB a través de la resolución de problemas favorecen la comprensión, la creatividad, la capacidad de abstracción, el trabajo compartido y la responsabilidad social. Estas características son deseables para el desarrollo de competencias superiores y más específicas, que atañen a la formación profesional.

Una enseñanza que pretenda apuntar a la resolución de problemas como metodología para el aula debe preocuparse tanto por la retención, progresión, uso e integración de los contenidos intrínsecos de la propia asignatura (análisis matemático, física, algebra y geometría) como por la adecuación, seguimiento y transferencia a los de otras asignaturas, sean éstas paralelas o no (Cálculo Avanzado, Teoría de Control, Diseño Mecánico, otras). Las dificultades observadas en la integración de diferentes contenidos que se requieren y surgen de los desarrollos curriculares tales como: modelización de los sistemas físicos, su formalización y resolución matemática, así como también la experimentación, interpretación de los resultados obtenidos y la aplicación de los mismos llevaron a realizar una propuesta en donde se discuten y analizan problemas que integran conocimientos del primer nivel, en la asignatura Física Mecánica.

Palabras Claves: educación, competencias, interdisciplinariedad, resolución de problemas

1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería, como un cuerpo especializado de conocimientos y de prácticas, es una profesión que puede ser analizada por referencia a sus fundamentos disciplinarios y por referencia al campo de las prácticas tecnológicas en el cual debe intervenir. Desde este punto de vista, son diversos los aspectos que demanda el establecimiento del currículum de la formación del ingeniero.

En la formación universitaria de futuros ingenieros, la resolución de problemas constituye una actividad relevante para el desarrollo de competencias profesionales, involucrando no sólo un adecuado y específico conocimiento declarativo, sino el conocimiento de formas de actuación para una buena ejecución (conocimiento procedimental) y su puesta en práctica de manera controlada y autorregulada (metaconocimiento)^[1].

La adquisición de conocimientos, tanto declarativos, como procedimentales y actitudinales, está moldeada por las situaciones y problemas previamente abordados, teniendo en cuenta que ese conocimiento tiene características contextuales y contribuye a la organización de esquemas que pueden activarse al encarar nuevas problemáticas^[2]. En particular, los cursos básicos universitarios que abordan el tratamiento conceptual de los contenidos deben desarrollar nuevos esquemas para enfrentar situaciones más complejas, donde el lenguaje y los signos específicos adquieren relevancia tanto en los procesos de codificación de información como en los de procesamiento y comunicación.

Los profesionales de la Ingeniería deben asumir y afrontar diversos desafíos en el ámbito laboral; entre ellos la de resolver situaciones problemáticas de diferente índole, en particular deberán estar no solo capacitados para dichos fines sino fundamentalmente entrenados en prácticas que requieran reflexión, el entrecruzamiento de información e integración de conocimientos.

La integración de contenidos y los mecanismos puestos en juego para lograrla incorporadas a la enseñanza favorecen la comprensión, la creatividad, el trabajo interdisciplinario, la capacidad de abstracción y el trabajo en equipo. Éstas características son deseables para el desarrollo de competencias en la formación del futuro profesional.

Las dificultades observadas en la integración de diferentes contenidos que se requieren y surgen de los desarrollos curriculares tales como: modelización de los sistemas físicos, su formalización y resolución matemática, así como también la experimentación, interpretación de los resultados obtenidos y la aplicación de los mismos; lleva a realizar una propuesta en donde se discutan y analicen la resolución de problemas integradores.

Se considera el aprendizaje, básicamente, como un proceso de construcción de conocimientos en el que las representaciones de los alumnos juegan un papel importante, y se ponen de manifiesto cuando razonan, explican y desarrollan actividades que comprometen respuestas para resolver una situación problemática. En este sentido, la Resolución de Problemas supone un conocimiento "en acción" ^[3], que tiene lugar en cualquier nivel del proceso de enseñanza-aprendizaje donde el estudiante encuentra una dificultad que se le presenta como un desafío y que lo incentiva para superarla y entenderla.

Al investigar acerca de la Resolución de Problemas realizada por estudiantes en contextos integradores resulta de gran importancia contar con el marco teórico adecuado para interpretar y sacar conclusiones válidas. En particular, dicho marco deberá ofrecer elementos que permitan analizar el proceso de construcción que acompañan la comprensión del enunciado y los procedimientos organizados para alcanzar la solución o logro de la meta.

Sin embargo, la interacción entre los procesos de integración, modelización, habilidades y conocimientos en el Ciclo de Conocimientos Generales Básicos, requieren un profundo estudio, base para la generación de metodologías de enseñanza y materiales tendientes a lograr competencias en los alumnos. Las actividades de Resolución de Problemas integradores en el Ciclo General de Conocimientos Básicos de las carreras de Ingeniería deben estar en esa dirección e implica tareas de interacción entre el conocimiento declarativo y el procedimental.

En especial, los cursos de ciencias básicas correspondientes a los Ciclos Generales Básicos Universitarios ofrecen un espacio particularmente interesante para el aprendizaje de estructuras conceptuales y procedimientos, para transitar desde situaciones concretas hacia modelizaciones de las mismas; para orientar diseños de dispositivos y proyectos; para producir explicaciones fundamentadas y predecir comportamientos. Ello requiere encarar investigaciones que estudien la efectividad de determinadas orientaciones didácticas destinadas a:

- Contribuir a que el estudiante identifique, plantee y resuelva cuestiones relacionadas con elementos significativos de su entorno, utilizando estrategias progresivamente más sistemáticas y complejas, sustentadas en una modelización de la situación planteada;
- Acercar el trabajo del alumno al del especialista desde los primeros cursos universitarios;
- Incorporar herramientas y conocimientos actualizados, satisfaciendo demandas de la profesión.

Por lo anteriormente expuesto, se indagará en cómo los estudiantes organizan el proceso de resolución de problemas integradores, las tomas de decisión sobre los pasos a seguir y en que circunstancia.

2. OBJETIVOS

Las actividades de integración de contenidos y de modelización tienen como propósito proveer a los estudiantes de una mejor comprensión de las asignaturas básicas (Física, Matemática) estimular la formulación y resolución de problemas en contextos específicos, despertando su sentido crítico y creativo, conformando una actitud positiva hacia las ciencias básicas y hacia la capacidad de abstracción que genera su estudio^[4]. En este sentido la Resolución de Problemas integradores sería parte del marco de formación deseada del ingeniero, tanto en la generación de modelos propios, como en el estudio y uso de modelos desarrollados por otros.

Con respecto a las competencias, estas actividades de integración de contenidos y de modelización no sólo favorecen el aprendizaje individual sino que también pueden utilizarse para propiciar el trabajo en equipo. De esta manera la inserción de una instancia de resolución de problemas integradores en la enseñanza de las ciencias básicas cobra relevancia como preparación para el desenvolvimiento en el medio profesional.

Las diferentes formas de razonamiento y conocimientos involucrados en la integración de contenidos, requieren aún un profundo estudio para posibilitar el desarrollo de recursos didácticos y recursos humanos tendientes a lograr las competencias deseadas en los alumnos. La difusión y capacitación entre docentes de ciencias básicas de los resultados de la investigación serán pasos fundamentales para generar los cambios necesarios.

2.1. Cuestiones disciplinares a investigar:

2.1.1- ¿Cuáles son las dificultades de los estudiantes para integrar conocimientos en resolución de problemas en los niveles iniciales de las carreras de Ingeniería?

2.1.2- ¿Qué tipo de propuesta de actividades y situaciones problemáticas integradoras se consideran más propicias para el aprendizaje?

2.2. Hipótesis de trabajo de la investigación:

La comprensión que realizan los estudiantes de un problema integrador vinculado con conceptos desarrollados en el CGCB, en cuanto a la organización de sus representaciones, es débil en contenido y en su resolución.

El estudio se realizó en un curso del CGCB de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional.

2.3. Objetivo general:

Indagar a través de la aplicación de diferentes problemas integradores los conocimientos y procedimientos aprendidos por los alumnos en el CGCB.

2.4. Objetivos específicos:

2.4.A- Identificar, delimitar y diferenciar los procesos que intervienen en la resolución de problemas integradores y las modelizaciones utilizadas en los mismos.

2.4.B- Estudiar las dificultades de los alumnos que se presentan en las actividades de resolución de problemas integradores en áreas específicas.

3. METODOLOGÍA:

Para el estudio de campo se contó con la colaboración de alumnos voluntarios, pertenecientes al proyecto Tutoría de Pares, de la Facultad Regional Santa Fe - UTN. El mismo proyecto cuenta con un estudiante avanzado de la carrera (Tutor-par) que asiste y guía a un grupo no mayor a 8 alumnos, para mejorar sus desempeños individuales tanto en una materia en particular, como en la gestión estudiantil.

En este caso, el Tutor fue el Ing. Rodrigo Agosta (en ese tiempo estudiante de la institución), el grupo de alumnos pertenecía al primer año de la carrera Ingeniería Civil y la materia tutorada fue Física Mecánica.

Se permitió a los alumnos decidir como trabajarían en las clases: en grupos o individualmente.

3.3- Etapas de trabajo:

En una primera etapa se delimitaron las problemáticas específicas a estudiar, en el caso de identificación y delimitación de procesos y competencias para la resolución de problemas integradores. Para esto se determinó un cronograma orientativo del avance de los temas estudiados en las materias comunes a los estudiantes de primer año de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Santa Fe. Además, se trabajó en situación tanto de aprendizaje como de evaluación. La situación de aprendizaje se realizó en el aula observando en las clases, los procesos de comprensión de los enunciados, registrando la forma de intervención del docente y del estudiante. Se focalizó en la detección de palabras que resultan claves desde la perspectiva del docente y del alumno, el uso de esquemas, dibujos utilizados como recurso para la comprensión, la posible utilización de analogías para favorecer la construcción, el recurso de elementos

multimediales y las estrategias basadas en la recuperación de esquemas de trabajo previo. En la situación de evaluación se procedió a analizar la forma en que cada estudiante aborda la resolución, las representaciones gráficas que organiza, los procedimientos que ejecuta durante la resolución, los posibles sesgos introducidos y la interpretación de resultados realizada.

En una segunda etapa se realizó la revisión documental y la reelaboración de acuerdo a los problemas específicos a ser tratados. Se idearon situaciones para plantear a los alumnos y se recopilaban diseños reales de mecanismos utilizados en la práctica, catálogos, datos prácticos y todo tipo de información afín. Con este material se generaron problemas integradores para el trabajo.

En una tercera etapa se diseñaron los enunciados que se presentaron a los alumnos. En la sección 4 se transcribe un extracto de un problema tratado. El problema completo está presentado en un cuadernillo de diez páginas e incluye preguntas previas para introducir a los alumnos en el tema y desarrollos de ecuaciones teóricas que exceden las asignaturas del primer nivel. Este material didáctico se preparó para que no requiriese una búsqueda que demande un tiempo adicional.

En una cuarta etapa, se procedió a una prueba de campo y recolección de datos con los problemas integradores redactados. Los mismos fueron diseñados bajo una mirada globalizadora para recolectar datos sobre métodos, procedimentales empleados, nivel de desempeño y dificultades presentadas. Los datos se obtuvieron mediante grabaciones de audio y con charlas previas y posteriores con los alumnos.

En una quinta etapa (etapa actual) se discuten los datos y las impresiones obtenidas, para proceder a la corrección del material didáctico generado, buscando el origen de las dificultades durante el proceso de resolución del problema.

3.4- Diseño de los problemas:

Los problemas se prepararon de forma tal, que cada inciso pueda resolverse como un problema similar a los del material bibliográfico que emplean habitualmente. En ocasiones, la aglomeración de estos problemas requiere que algunos cálculos se realicen con anterioridad a otros, para obtener datos útiles. Por esta razón, se han enumerado de forma tal que el alumno no deba tomar decisiones sobre qué es conveniente resolver primero.

Así mismo, cada inciso recopila conceptos de la temática abordada por cada problema, que el alumno debería emplear: trabajo y energía; cinemática; etc. Junto con los enunciados, se presentan esquemas gráficos que representan los elementos estudiados, con cierto grado de detalle, muchas veces acompañados por fotografías de catálogos o esquemas de fabricantes. El esquema presentado debe ser traducido por los alumnos a otros más sencillos, adecuados para la resolución de cada enunciado.

3.5- Recolección de datos:

Durante la presentación de los problemas ante los alumnos se realizó una minuciosa observación de sus metodologías de trabajo, inquietudes, fortalezas y debilidades a la hora de resolverlos. Notas y grabaciones de audio se llevaron a cabo, para permitir las correcciones futuras a los materiales didácticos. A partir de esto, se elaboran observaciones importantes que serán la guía para dichas correcciones, y que se presentan a modo de “conclusiones preliminares”.

4. EJEMPLO DE PROBLEMA INTEGRADOR: APAREJO DE CAPACIDAD MÁXIMA 2 TONELADAS.

Introducción: A continuación, se transcribe parte de uno de los problemas desarrollados para el proyecto. Se trata de un problema con Resolución Cerrada, que admite más de un método para alcanzar los resultados finales. Como encabezado se incluye el apartado "Resumen" (4.1), que permite señalar la temática del problema. Inmediatamente después, la sección "Conocimientos previos", nos indica las competencias necesarias en los alumnos, marcando la instancia en la cuál puede presentárseles la situación. A continuación se plantean los datos que dispuestos, presentándolos en forma de condiciones de diseño (4.3) o de enunciados (4.5). Antes de comenzar a resolver cualquier situación, se proporcionan algunas preguntas de conocimiento general y conocimiento técnico (4.4), para introducir a los estudiantes a las carreras de ingenierías. En caso de presentarse ecuaciones que son resultado de deducciones interesantes para que el alumno observe, pero de elevado nivel como para que él mismo sea capaz de obtenerlas, se crea un apartado destinado a ellas (4.6). Por último, y no incluido en este ejemplo, se anexa un camino de resolución, para guiar al Profesor, Ayudante o Tutor, aceptando que no es el único posible.

4.1 Resumen:

En el siguiente problema se busca obtener valores de interés a la hora de diseñar un aparejo, junto a otras consideraciones a la hora evaluar su desempeño en funcionamiento. Con este fin, se emplean conocimientos de las asignaturas de primer año de ingeniería (Física I, Análisis Matemático I, Álgebra y Geometría Analítica), en una aplicación concreta de diseño.

Se han tomado solamente algunos aspectos del diseño, eliminando muchas determinaciones que corresponden a grados de enseñanza más avanzados por ejemplo resistencia de materiales.

4.2 Conocimientos previos:

Física I: Cinemática y Dinámica (Lineal y Rotacional), Estática, Trabajo y Energía, Potencia

Análisis Matemático I: Derivadas, Integrales definidas, Análisis de función

Álgebra y Geometría Analítica: Resolución de sistemas de ecuaciones por métodos matriciales.

4.3 Datos de diseño:

Calcularemos algunos aspectos inherentes al diseño de un aparejo similar al observado en la Figura 1. Las características a cumplir son:

Capacidad máxima: 2 toneladas

Velocidad de ascenso/descenso: 3 [m/min]

Sistema de poleas: Tipo factorial de 4 poleas.

Largo del carro (LC): 1000 [mm]

Ancho del carro (Ac): 500 [mm]

4.4 Preguntas previas:

- ¿Qué es un aparejo?
- ¿La velocidad de ascenso/descenso es grande o pequeña? ¿A qué se debe ese valor?
- ¿Para qué se emplea un sistema de poleas? ¿Qué sucedería con el cable de acero, si no se empleara un sistema de poleas?

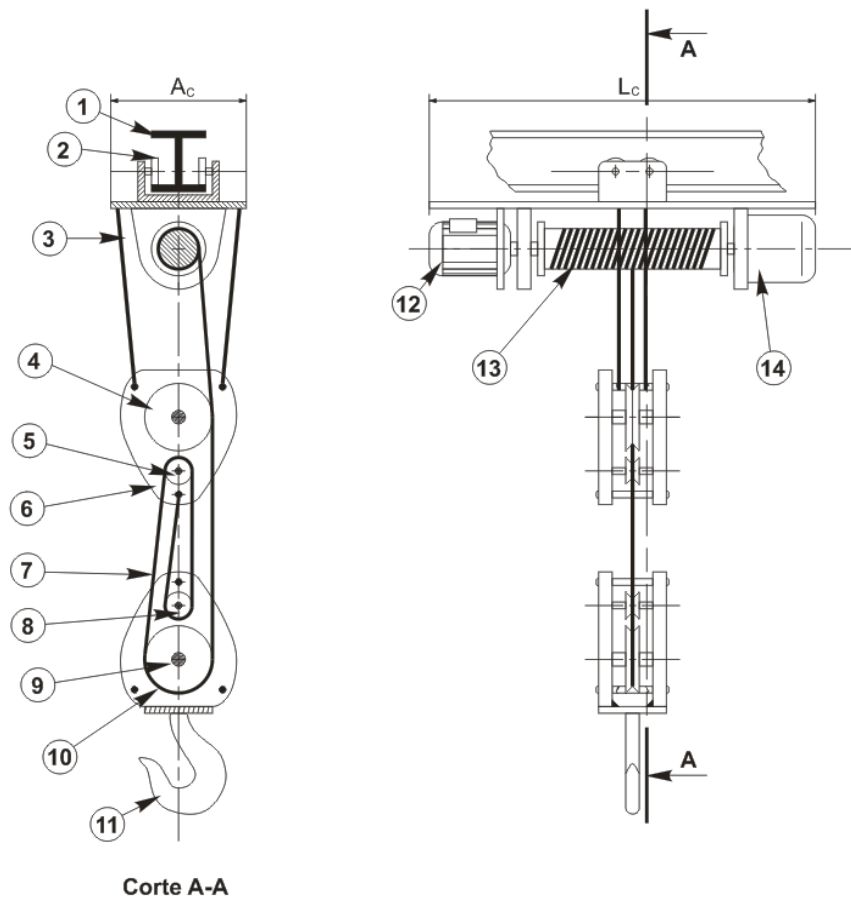


Figura 1: Aparejo para elevar 2 toneladas con carro de desplazamiento lateral, montado sobre un Perfil Normal Doble Te (PNI). Referencias: (1) Carril (PNI); (2) Ruedas del carro del aparejo; (3) Cable fijo; (4) Polea fija; (5) Polea fija; (6) Soporte de poleas fijas; (7) Cable de carga; (8) Polea móvil; (9) Polea móvil; (10) Soporte poleas móviles; (11) Gancho; (12) Motor eléctrico; (13) Tambor del cable; (14) Freno

4.5 Enunciados:

4.5.1- Enunciado 1: Determinación del cable de acero

Para determinar el cable de acero necesario para el aparejo, se debe conocer la fuerza que actuará sobre él (a mayor sección, mayor peso se puede soportar, pero mayor costo del cable y del equipo en general). Obtener la fuerza que actúa sobre él, según las especificaciones dadas para el aparejo, de forma de obtener un diseño racional del equipo.

4.5.2- Enunciado 2: Curva de funcionamiento

Las curvas de funcionamiento de un equipo son proporcionadas por fabricantes, para facilitar el estudio y comprensión del funcionamiento de un equipo cualquiera. En el caso del aparejo, se podría utilizar las curvas de posición, para determinar condiciones de trabajo, tiempos de puesta, tiempos de operación, etc. A continuación, se calcularán las curvas de trabajo del equipo (posición, velocidad y aceleración respecto del tiempo).

Se dispone de algunas mediciones hechas a un prototipo, y nociones del funcionamiento del motor eléctrico que se empleará. Sabiendo que el aparejo, izando una carga de 2 toneladas, alcanza paulatinamente su velocidad nominal a los 2 segundos de puesto en marcha. Además, se han hecho arreglos para que el arranque sea suave.

Una vez obtenidas las ecuaciones y curvas correspondientes, interesa conocer cuánto tiempo demorará la carga en alcanzar desde el nivel 0,00 [m], los niveles 2,00 [m] y 5,00 [m].

Sugerencia: Trabajar con una polinómica para realizar la aproximación

4.5.2- Enunciado 3: Consumo de energía:

Se desea conocer el consumo de energía del aparejo y el motor necesario, para elevar una carga de 2 toneladas a 5 [m] de altura, y la potencia necesaria para el motor. Seleccionar un motor adecuado, de la siguiente tabla de potencias disponibles en el mercado:

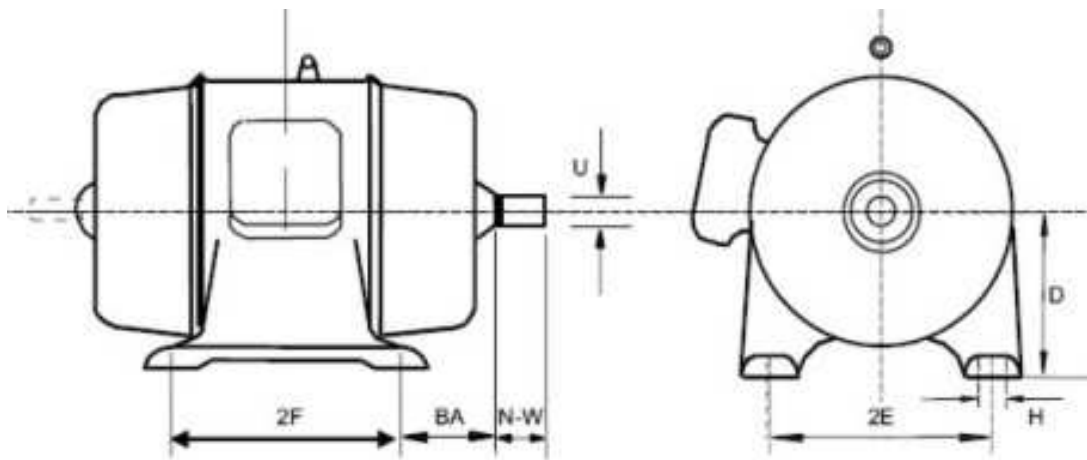


Figura 2: Motor eléctrico

Tabla 1: Selección del motor

Potencia		Velocidad [rpm]	Rend. [%]
[kW]	[HP]		
0,373	1/2	750	80%
0,560	3/4	750	85%
0,746	1	750	85%
1,119	1,5	750	87%
1,492	2	750	90%
2,238	3	750	90%
3,730	5	750	92%
5,600	7,5	750	92%
7,460	10	750	94%

5- CONCLUSIONES

Como consecuencia de los resultados obtenidos en la etapa de análisis y explicación sobre el origen de las dificultades abordadas, se transcriben algunas observaciones y se infirieren algunas recomendaciones para la corrección del material didáctico generado.

A- Forma de trabajo de los alumnos: los alumnos optaron por trabajar en grupos de dos o tres integrantes.

B- Consultas al tutor: Al encontrar dificultades que impedían el avance en la resolución, inmediatamente consultaban al Tutor a cargo del curso en búsqueda del respaldo del docente/tutor.

C- Representaciones gráficas: Los alumnos sólo pudieron garabatear algunos trazos insipientes, que abandonaron sin incluir los datos del problema.

D- Identificación de los conceptos implicados: Los alumnos presentaban inseguridad a la hora de definirlos.

E- Secuencia de resolución: Se presentó un marcado desorden a la hora de resolver los incisos de cada problema.

F- Estrategias de resolución: En gran número, los alumnos de los primeros años de las carreras de ingeniería carecen de una metodología al momento de abordar la resolución. Esto conlleva a ser desordenados al intentar resolverlos.

Tomar las situaciones problemáticas como simples “trabajos prácticos” aislados del contexto educativo llevarían al fracaso en su aplicación

5.1- Propuestas:

Teniendo en cuenta los resultados se debería considerar desde las asignaturas del primer nivel el planteo de situaciones cada vez más complejas en grados de dificultad. A través de una colección de problemas integradores que acerquen al alumno a su futura práctica profesional.

Por otra parte sería conveniente asistir a los estudiantes en la planificación del proceso de resolución plasmado en un formato de presentación, empleando una serie de herramientas didácticas tales como: presentación de la información, datos del problema, hipótesis presentes en los enunciados, conceptos involucrados, ecuaciones, esquema posibles, diagrama de cuerpo libre, respuesta, etc.

6. REFERENCIAS

- [1] Johnson- Laird, P. “Mental Models”. *Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Harvard University Press. Cambridge. 513 p, 1983.
- [2] Rumelhart, 1980; Chi, 1987; García Madruga y Lacasa, 1997; Mandler, 1998, *cit. en Gutiérrez Martínez et al*, 2002.
- [3] Watts. “Describing problem solving: a core skill in the curriculum”, in M. Watts (ed.), *Problem solving in Science and Technology; extending Good Classroom Practice, chap. 1*, David Fulton, London, 1994.
- [4] Blum, C. and Roli A. “Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison”. *ACM Computing Surveys, vol. 35, No. 3, p. 268-308*, 2003.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alberto M, Alzugaray G. (2009), *Los problemas integradores como estrategias de enseñanza en la formación del ingeniero*, 10 Simposio de Educación Matemática Edumat ISBN: 978-987-20239-6-6
- Alzugaray, G., Oviedo, L., Kanashiro, A. (2001). Diseño de una propuesta interdisciplinaria de Física y Matemática integrando el modelo de resolución de problemas por investigación. *Revista Enseñanza de las Ciencias. VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Barcelona*
- Resnick, Robert; Halliday, David; Krane; Kenneth (2002), *"Física Tomo 1"*, 5ta. Edición Editorial CECSA – México –
- Sánchez, P., Massa, M., Llonch, E., Marchisio, S., Dámico H., Yanitelli, M., Cabanellas, S. (1997). *La resolución de problemas como eje para integrar a la formación de profesores*. Physics Education: Looking to the future Proceedings VI Inter.-American Conference on Physics Education. La Falda Argentina.

Agradecimientos

A los alumnos de las Tutorías de Pares de Física de Ingeniería Civil I de 2010, por prestar su apoyo en las primeras pruebas de campo del trabajo.