



Revista Facultad de Ingeniería  
ISSN: 0717-1072  
facing@uta.cl  
Universidad de Tarapacá  
Chile

Rump, Camilla; Jakobsen, Arne; Clemmensen, Torkil  
Mejoras a la Comprensión de Conceptos Usando Pruebas Cualitativas  
Revista Facultad de Ingeniería, núm. 6, enero-diciembre, 1999, pp. 25-33  
Universidad de Tarapacá  
Arica, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11400605>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

## MEJORAS A LA COMPRENSION DE CONCEPTOS USANDO PRUEBAS CUALITATIVAS

Camilla Rump<sup>1</sup> Arne Jakobsen<sup>1</sup> Torkil Clemmensen<sup>1</sup>

### RESUMEN

Durante el trienio enero de 1995 a diciembre de 1997, la Universidad Técnica de Dinamarca realizó un proyecto de desarrollo de la calidad titulado "Mejorando la Comprensión del Estudiante". En el proyecto se ha enfocado el desarrollo de la calidad, con la mira específica de mejorar la comprensión de conceptos por los estudiantes, teniendo como objetivos investigar el proceso de aprendizaje en los estudiantes e identificar los tipos principales de problemas que presentan para obtener comprensión de conceptos y desarrollar medios y maneras de mejorar comprensión de los estudiantes, incluyendo modelos de desarrollo de la calidad, con la participación de maestros.

El presente trabajo describe el método, modelos e instrumentos de evaluación de la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje, centrados en la comprensión de tópicos cruciales de cada curso. Se analiza la relevancia de los conocimientos previos, comprensión de cálculos, eficacia de los exámenes para medir la comprensión de las materias, dificultades experimentadas por los estudiantes, identificación de los cambios que deben implementarse y como lograr tales cambios para desarrollar la calidad.

### ABSTRACT

*During the three-year period from January, 1<sup>st</sup> 1995 to December 31<sup>st</sup>, 1997, a quality development project entitled "Improving Student Understanding" was carried out at The Technical University of Denmark. The project was focussed on quality development, with the specific scope of improving students' understanding of concepts, the aims being both to investigate students' learning processes and identifying the main types of problems in obtaining conceptual understanding and to develop means and ways of improving students understanding, including models of quality development with the participation of teachers.*

*This paper describes the method, models and evaluation instruments for the quality of the teaching-learning process, based on the students' understanding of the crucial, central topics within the contents of each course. The relevance of previous knowledge, understanding of calculations, value of examinations vs. tests of understanding, difficulties experienced by the students, required changes and how to achieve the changes needed to accomplish quality are analysed.*

### INTRODUCCION

Durante los pasados 25 años, ha habido una cantidad substancial de investigaciones en el resultado de la educación universitaria en los estudiantes. El trabajo realizado por Marton y Säljö [1] y otros [2], [3] reveló que los estudiantes adoptan cualitativamente aproximaciones diferentes al estudiar (superficial y profundo) y por consiguiente tiene cualitativamente resultados diferentes La tradición fenomenológica de la investigación ha estudiado las concepciones de las materias que tienen los estudiantes y ha mostrado que los así llamados conceptos erróneos son más probable debidos a una comprensión parcial que diverge

sistemáticamente de una comprensión completa [4], [5], [6]. Desde un punto de vista diferente esta es también la base del Modelo de Cambio Conceptual [7], donde se ven las concepciones divergentes de los estudiantes como concepciones alternativas, y donde se estudia cómo las concepciones de los estudiantes cambian en educación de la ciencia. Dentro de la ciencia básica, ha sido mostrado por Novak y otros [8] cómo mapas conceptuales se pueden usar para revelar faltas e inconsistencias en la comprensión de conceptos científicos básicos.

Con referencia a estos estudios, ha sido un supuesto básico del proyecto que la falta de comprensión de

<sup>1</sup> Centre for Engineering Educational Development, The Technical University of Denmark, Building 101D, 2800 Lyngby, Denmark.

elementos cruciales de una materia, por parte de los estudiantes, impone un problema serio a la calidad de la educación universitaria. Además, una condición concluyente para un proceso de calidad continua es que cada maestro obtenga conocimiento del proceso de aprendizaje de los estudiantes, su comprensión previa y las dificultades que tienen en alcanzar un nivel de comprensión adecuado.

Los proyectos de mejora de la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje, que apuntan a mejorar la comprensión conceptual de los estudiantes, o en otras palabras: a reforzar el aprendizaje profundo en la educación de la ingeniería, necesariamente se ven confrontados con problemas de recargo excesivo en las cátedras. El proceso de obtener comprensión profunda de conceptos, modelos y principios, requiere que los estudiantes se comprometan en trabajo activo, que los conceptos y modelos se consideren en variados contextos y que se varíen las actividades del aprendizaje. Para conseguir tiempo para estas actividades, el volumen del currículum a menudo tiene que ser reducido.

Una simple reducción de contenido es obviamente insatisfactoria. En este proyecto, una parte importante ha sido comprometer a los maestros, en cooperación con ingenieros profesionales, en un proceso de identificación y selección de los elementos más cruciales en el contenido de los cursos. Esto permite darle prioridad a determinados elementos de los contenidos y considerar la exclusión de los elementos menos importantes.

Un fundamento en el proceso de identificar y seleccionar elementos cruciales en los contenidos de un curso científico, se ha desarrollado por Wagenschein, quien introdujo la noción de aprendizaje ejemplar ("exemplarisches Lehre") [9], [10]. Según esto, es posible identificar elementos ejemplares que "reflejan el todo" en disciplinas científicas. Para exemplificar, una comprensión profunda de los elementos representará el conocimiento y comprensión que es propia de un especialista en la disciplina. En campos profesionales como la ingeniería, la comprensión de elementos ejemplares debe así representar la competencia profesional, esto es, la habilidad resolver problemas mal estructurados en un contexto práctico [11]. Esto significa que hay dos tipos de elementos en una disciplina de ingeniería: hay elementos que cuya comprensión es crucial para comprender la teoría y elementos que son cruciales para comprender de cómo la teoría y los métodos se aplican en la práctica.

Una piedra angular del proyecto ha sido el uso de la evaluación de los resultados obtenidos por los

estudiantes como una base para la mejora de la calidad. A menudo se han usado, como instrumentos de evaluación del desarrollo de la calidad, las encuestas de satisfacción y la propia apreciación de los estudiantes. Sin embargo, es una pregunta sin respuesta el determinar hasta dónde los estudiantes son verdaderamente capaces de evaluar su propio resultado. No se puede esperar que los propios estudiantes puedan juzgar la pertinencia de sus resultados y al mismo tiempo, otros factores entran en la evaluación, tal como el nivel de frustración, si el curso era "bueno y fácilmente entendible y si la presentación fue entretenida". Estos factores son, por supuesto, importantes, sólo que no hay allí ninguna relación simple entre, por ejemplo, el nivel de frustración y la calidad de aprendizaje. Resultados obtenidos por Dunkin y Barnes [12], [13] indican que, en general los estudiantes pueden evaluar cuán bien el curso los prepara para el examen. Entonces, el valor de sus respuestas depende de la validez del examen.

Una cantidad substancial de la investigación acerca del aprendizaje de los estudiantes se relaciona con el análisis detallado de la comprensión de asuntos específicos por parte de los estudiantes. La investigación muestra concurrentemente que los estudiantes a menudo muestran seria falta de comprensión de conceptos fundamentales, a pesar de su habilidad para aprobar exámenes [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25]. Lo anterior significa que es cuestionable la validez de los exámenes, como una medida de resultados del estudiante.

Una de las ideas básicas del proyecto es que el uso de los resultados de exámenes y encuestas de satisfacción y de apreciación propia de sus resultados en los cursos, es inadecuado como base para desarrollo de la calidad. Lo importante es el conocimiento del proceso de aprendizaje del estudiante y sus dificultades en ganar comprensión, y que el maestro obtenga tal conocimiento. Así, hemos usado pruebas cualitativas de comprensión del estudiante, diseñadas en cooperación con los maestros y combinando éstas con entrevistas a estudiantes seleccionados.

Resumiendo, las consideraciones básicas del proyecto han sido:

- Como una base para el desarrollo de la calidad, las formas existentes de evaluación, que comprenden examen y encuestas a estudiantes acerca de su comprensión y satisfacción con los cursos, son inadecuadas.
- En el contenido de cursos de ingeniería es posible identificar varios conceptos, elementos, principios,

modelos y formas de razonamiento que son cruciales para la comprensión del campo. La comprensión de tales elementos forma una parte considerable de la competencia que debe resultar de la educación y es más importante que un plan de estudios muy amplio.

- La falta de comprensión de los elementos cruciales de los contenidos, por parte de los estudiantes, plantea un problema serio para la calidad de la educación universitaria.
- Una condición concluyente para un proceso de calidad continua es que cada maestro, individualmente, obtenga conocimiento acerca del proceso de aprendizaje de los estudiantes, su comprensión previa y las dificultades que tienen en alcanzar comprensión.

### **MODELO DE EVALUACION Y DESARROLLO DE LA CALIDAD**

En el proyecto hemos aplicado, en forma bastante intensiva, modelos de evaluación y desarrollo de la calidad en diez cursos a La Universidad Técnica de Dinamarca (DTU).

El modelo aplicado a cada curso consideró lo siguiente:

Previamente al inicio del curso se invitó a participar en un seminario, a los maestros del curso, junto con un ingeniero trabajando en alguna industria en el tema del curso y miembros del grupo del proyecto. En el seminario se pidió a los maestros identificar los elementos cruciales, tales como: los conceptos, principios, técnicas ejemplares y métodos en el contenido del curso. Después los maestros y el grupo del proyecto diseñaron en conjunto varias pruebas, principalmente cualitativas de comprensión de los elementos cruciales por parte de los estudiantes.

Se diseñaron pruebas adicionales para evaluar los conocimientos previos de los estudiantes.

Durante el período lectivo siguiente, al final y al principio del curso respectivamente, se sometió a los estudiantes a las pruebas junto con encuestas suplementarias acerca de su estrategia de estudio, calificaciones formales, expectativas respecto al curso, dificultades que experimentaron durante el curso, etc.

Las pruebas fueron evaluadas por un estudiante de Ph.D. de la sección donde se ofreció el curso, para garantizar el anonimato de los estudiantes, en el sentido que ningún maestro del curso debería ver las contestaciones individuales de los estudiantes. Se seleccionó un número

pequeño de estudiantes para entrevistas, en las que las respuestas de los estudiantes a las pruebas y encuestas eran analizadas. Las entrevistas fueron llevadas a cabo por un miembro del grupo de proyecto junto con el estudiante de Ph.D.

Los resultados de las pruebas y las encuestas fueron resumidos en un informe que fue entregado a los maestros. Los informes muestran declaraciones tanto de contestaciones correctas como de aquellas no satisfactorias, descripciones de respuestas típicas, errores típicos e interpretaciones erróneas, resúmenes del tiempo empleado y de estrategias de estudio como se expresaron en las encuestas así como una comparación de resultados del test final con los de resultados de exámenes. Se emplearon secuencias seleccionadas de las entrevistas para ilustrar cómo los estudiantes razonaron acerca de las preguntas de la prueba.

### **COMPRENSION DE LOS ESTUDIANTES**

Los tipos de pruebas usadas incluyen:

- Expresión en lenguaje cotidiano de conceptos teóricos y principios.
- Localización de errores en un artículo técnico ficticio.
- Determinación de información necesaria para resolver un problema dado
- Inferencia acerca de las consecuencias de (emplear) un modelo
- Selección de un modelo apropiado para una situación física dada
- Determinación de las condiciones que permiten validar un principio o método.

Un ejemplo de un ejercicio que incluye los aspectos anteriores se muestra en la Fig. 1.

#### **La Ecuación de Bernoulli**

La Ecuación de Bernoulli se puede enunciar como:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z = \text{constante}$$

1.1 Describa cualitativamente el significado físico de cada uno de los términos.

1.2 ¿Cuál es la condición para usar la Ecuación de Bernoulli?

Fig. 1.- Ejemplo de una pregunta. Esta pregunta se ha usado en pruebas de calificación en tres oportunidades.

Esta prueba evalúa la comprensión del significado físico de una ecuación y las condiciones para usarla. Se sabe que los estudiantes han usado esta ecuación en tareas de cálculo. Esta pregunta se ha propuesto a los estudiantes en tres oportunidades, de las cuales dos veces a los mismos estudiantes en dos diferentes niveles de estudio. Usando los resultados, es posible rastrear el desarrollo de la comprensión de esta ecuación y su interpretación por los estudiantes.

Un grupo (A) de estudiantes tuvo la pregunta en su prueba de conocimiento previo a un curso de teoría de un año y de nuevo un año más tarde, en un curso de tres semanas de laboratorio. Otro grupo (B) tenía la prueba en el curso del laboratorio de tres semanas solamente; habían asistido a también el curso de la teoría, pero al tiempo de la prueba, había transcurrido por lo menos medio año desde que completaron el curso de teoría.

Las respuestas correctas de los estudiantes se distribuyeron como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1.- Distribución de respuesta correctas de los estudiantes

	Teoría (A)	Labor. (A)	Labor. (B)
1.1– Describa cualitativamente Explique el significado físico de los términos	12%		
Exprese el significado de los parámetros individuales	28%		
Total	40%	80%	60%
1.2– Cual es la condición Puede expresar por lo menos una condición	40%	30%	30%
Todas las condiciones	0%	0%	0%

Se muestra en la tabla que sólo el 12% de los estudiantes del curso de teoría ha declarado el significado real físico de los términos. Realmente, la ecuación declara una forma específica del teorema de la conservación de la energía. El primer término corresponde a la presión, el segundo la energía cinética y el tercero la energía potencial. Los estudiantes deberían ser capaces de visualizar esto. El restante 28% que dio respuesta correcta pero no satisfactoria a la pregunta, sólo estableció el significado de los parámetros individuales, por ejemplo que  $v$  es la velocidad y  $g$  es la aceleración de la gravedad.

La parte positiva de éste y otros resultados del proyecto son, que la comprensión de los estudiantes, en este caso de la ecuación de Bernoulli, de hecho parece madurar por efecto del tiempo, por lo menos si los estudiantes tienen la oportunidad trabajar con él durante dos cursos seguidos. El resultado más desalentador es que parece

haber ningún desarrollo en la comprensión de las condiciones para usar la ecuación

## CONOCIMIENTO PREVIO DE LOS ESTUDIANTES

El resultado general de la evaluación es que aún tarde en sus estudios, los estudiantes muestran falta de comprensión de conceptos científicos básicos de ingeniería. En muchos casos, conceptos comunes físicos y bastante a menudo conceptos que se debieron saber desde la escuela secundaria.

Un ejemplo de pregunta de prueba que puede ilustrar este punto, se muestra en figura 2:

Describa con sus propias palabras los conceptos trabajo y potencia.

Fig. 2.-Ejemplo de una pregunta de prueba. En el proyecto se ha usado esta pregunta en una prueba de calificación.

Se ha usado esta prueba en un curso de química en otoño de 1995, en el cual se había introducido la termodinámica, mientras que el curso básico de mecánica se realiza, a más tardar, en forma concurrente. El 25% de los estudiantes cursaba su tercer o cuarto período, mientras que el 75% de los estudiantes estaba en su quinto o posterior período. Los estudiantes que cursan su quinto o posterior período es probable que hayan completado el curso básico de mecánica

Sólo el 12% de los estudiantes contesta ambos conceptos correctamente. El 26% puede dar una correcta explicación a uno de los conceptos pero no al otro. En total, el 38% puede explicar por lo menos uno, típicamente "trabajo," que se explica como "fuerza multiplicado por desplazamiento."

Las pruebas dadas al comienzo de un curso, para revelar el conocimiento anterior, se asemejan en unos casos a la prueba final prueba en un curso previo, confirmando algún grado de coherencia interna en la planificación de la educación. Esto indica que los pobres resultados las pruebas finales señalan que hay limitaciones en su conocimiento previo a cursos subsecuentes. En algunos casos, la falta de comprensión en un curso se remediará en el transcurso de los estudios. De cualquier modo, esto presupone que tal estudiante subsiguientemente escoge cursos donde se trata el concepto en cuestión. Algunos de nuestros resultados indican que, hasta cierto punto,

las limitaciones de los estudiantes en conocimientos previos, los seguirán desde su ingreso y a lo largo de todo su estudio. La importancia de los conocimientos previos para los resultados de los estudios ha sido tratada de por Hewson y Prosser [26], [27], [28].

### **Comprensión de los cálculos**

Más en general, los resultados de las pruebas indican bastante a menudo que los estudiantes tienen lo que puede llamarse un fraccionamiento (dicotomía) entre su comprensión física y competencia de cálculo. Esto significa que el hecho que estudiantes puedan emprender cálculos bastante complicadas no significa necesariamente que tengan una comprensión más profunda de los conceptos y modelos en que se fundan. La competencia de cálculo es por supuesto una parte importante de la competencia de un ingeniero. Sin embargo, el tener tal competencia sin comprensión de las materias es de un valor muy limitado. Competencia en la ingeniería implica una habilidad para considerar y escoger entre métodos, adaptar y desarrollar métodos, resolver problemas donde no hay ningún método ad-hoc para usar, diagnosticar errores en sistemas técnicos complicados, construir soluciones a problemas técnicos y realizar cálculos complicados [29].

No se puede considerar erróneo el probar la competencia de cálculo de los estudiantes en exámenes. Sin embargo, es problemática la estereotipada comprobación de sólo un elemento de competencia específico, ya que se sabe, de nuestras entrevistas, que los exámenes sirven como una guía muy poderosa para el aprendizaje del estudiante.

### **Prueba de comprensión vs. examen**

En siete de cada diez cursos evaluados, ha sido posible comparar los resultados de la prueba final con los resultados de los exámenes de los estudiantes. La persona profesionalmente competente ha logrado sus notas en la prueba final siguiendo el mismo procedimiento que usan para preguntas de examen: El maestro ha ponderado cada pregunta, el estudiante de PhD que corrigió las pruebas les ha dado puntos a las preguntas y finalmente los puntos obtenidos se traducen a una nota usando una tabla estándar. En total 187 estudiantes han contestado la prueba final y constituyen un 35% del total de los estudiantes quienes participaron en el examen en los siete cursos. La distribución media entre los siete cursos se muestra en Fig. 3

Algo que surge inmediatamente de la Fig. 3 es el tamaño de grupo II: Cerca de la mitad de los estudiantes obtienen resultados relativamente buenos en el examen final, pero relativamente pobres en una prueba de su

comprensión de aquello que el maestro consideró más relevante.

Se debe mencionar que no se puede apoyar estadísticamente este resultado. El material no es suficiente y no se han controlado las condiciones para el desarrollo, ejecución y corrección de la prueba. Los siete cursos analizados no son una selección representativa de los cursos del DTU y los estudiantes sometidos a las pruebas no son un grupo representativo. No obstante, el cuadro hallado es consistente con los resultados de varios estudios en otros campos, los cuales mostraron una seria falta de comprensión, como se expresó antes. La mayoría de los resultados no son de tipo cuantitativo. Más aún, se puede agregar que los cursos son de los mejores del DTU, según lo comentaron los estudiantes en las encuestas, indicando que el promedio de notas de examen, de los estudiantes que tomaron la prueba, estaba más alto que el promedio del (universo) completo.

Queda el hecho que los maestros que hicieron (ellos mismos) la prueba final y que conocen las circunstancias bajo las cuales se contestaron las pruebas, realmente encontraron que el resultado de los estudiantes del curso no fue satisfactorio. El valor más grande obtenido de la evaluación es el análisis de los conceptos concretos y contextos donde los estudiantes presentan falta de comprensión y las dificultades específicas con el aprendizaje y la comprensión que experimentan al estudiar en una universidad técnica, y que los maestros obtuvieron conocimiento de esto.

### **Dificultades de los estudiantes**

Al analizar las respuestas a las pruebas y entrevistas, hemos identificado tipos diferentes de dificultades de los estudiantes para lograr comprensión, las cuales pueden resumirse en las siguientes:

- Falta de integración entre habilidades de cómputo y conocimiento teórico.
- Conceptos vagos o excesivamente generalizados.
- Conceptos, modelos, principios, etc., olvidados o intuidos de forma incoherente.
- Insuficiente habilidad para expresar suposiciones y/o condiciones para modelos, su nivel de idealización, además de qué información se requiere para resolver un problema.

Las dificultades que los estudiantes mostraron, cuando se les pidió describir los conceptos "trabajo y potencia" son típicos para toda la evaluación. A menudo los

conceptos no son generalizados suficientemente. Por ejemplo, trabajo se describe como "agitación" o sus declaraciones son vagas: "trabajo" se describe como "algo que se agregó por una fuerza". Equivocaciones típicas son el confundir trabajo y potencia, tal como en la respuesta "Potencia es energía que se disipa"; se describe como la utilización del trabajo o que la potencia solamente está relacionada con potencia eléctrica: "potencia = energía disipada por una corriente". Otras equivocaciones son definir trabajo como energía cinética: "Trabajo = energía cinética" o el trabajo es percibido como complementario a energía termal: "Trabajo es energía de alto nivel, a diferencia

del calor". Otras confusiones relacionan lo pedido con muestreo del trabajo, trabajo eléctrico, etc."

Un asunto específico debe ser mencionado. En muchos casos, los conceptos usados en cursos de ingeniería (y de ciencias) son conceptos de ciencias básicas o derivados de conceptos de ciencias básicas, pero a menudo con un significado o connotación diferentes, así como designación o notación diferentes. Frecuentemente los conceptos y principios son más idealizados y de mayor generalidad en ciencias básicas que en ciencias aplicadas. Hemos hallado a menudo que los estudiantes no captan la correspondencia entre los conceptos que encuentran en cursos de la ingeniería aplicada y en cursos de ciencias básicas.

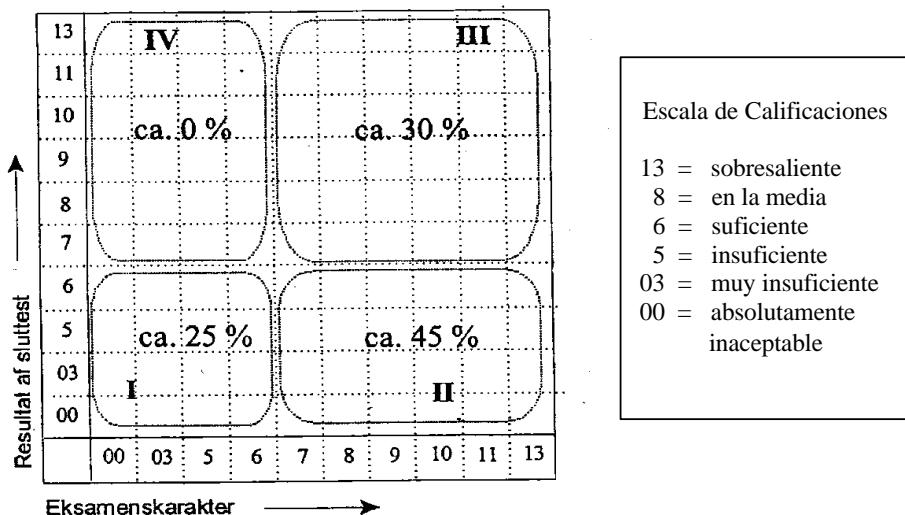


Fig. 3.-Comparación entre notas de prueba de comprensión (Resultat af sluttest) y resultados de exámenes finales (Eksamenskarakter), p. Ej.: Pruebas de la comprensión de los estudiantes acerca de lo que los profesores consideraban crucial que los estudiantes comprendieran al término del curso.

### ¿Qué debe cambiarse?

Es evidente que para mejorar la calidad de los cursos universitarios debe incluirse cambios muy diferentes. Aquí señalaremos tres tipos de cambios que consideramos fundamentales y de pertinencia general. Los cambios han sido discutidos en el proyecto con maestros y estudiantes, en diferentes proporciones y se han probado en los cursos, como una parte del proyecto

Es obvio de lo anterior, que la forma y sobre todo el contenido de los exámenes debe ser cambiado para promover aumento y/o mejora en la comprensión. La evaluación, sea en la forma de pruebas, presentación oral o evaluación de proyectos o similares de los estudiantes, debe ser de un tipo para el cual las respuestas o soluciones requieran comprensión. Adicionalmente, si las pruebas son predecibles, los

estudiantes pueden llegar a desarrollar una habilidad algorítmica para resolverlos, aun cuando se construyan pruebas para medir la comprensión. Por eso es importante la variación en ambos, forma y contenido de los exámenes.

Creemos que tales cambios por sí solos mejorarán la comprensión al llevarlos a dirigir sus esfuerzos hacia lograr comprensión. Más aun, sin cambiar los exámenes, la perspectiva de otros cambios se verá severamente limitada.

En segundo término, a los estudiantes se les debe desafiar y dar la mejor oportunidad para trabajar más intensamente con los elementos más cruciales de la instrucción, por medio de artículos varios de lectura, ejercicios, pruebas y proyectos de trabajo. Como esto requerirá tiempo, en la mayoría de los casos implicará

una reducción en la, a menudo, excesiva carga curricular. Para que tal reducción se justifique, debe darse urgencia al problema de seleccionar el contenido más valioso.

En tercer lugar, para facilitar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, hemos hallado que es importante realizar cambios en la estructura de los cursos, tanto en la secuencia de contenidos como en la sucesión de métodos de enseñanza y actividades de aprendizaje.

La estructura del contenido de los cursos progresó a menudo en forma deductiva, partiendo del más básico y axiomático al más específico y concreto, reflejando la lógica de las presentaciones científicas. Más aun, la sucesión de método de enseñanza y actividades del estudiante son frecuentemente de clases expositivas a ejercicios, reflejando una lógica común: los estudiantes no pueden usar principios y métodos antes haberlos aprendido (p.ej.: haber tenido conferencias acerca de ellos).

Esta estructura tiene que invertirse o modificarse. El punto decisivo en tales cambios está en que los estudiantes son inicialmente ayudados a crear una plataforma de comprensión intuitiva de un asunto antes de avanzar a lo más abstracto, tópicos teóricos. Esto de acuerdo con una visión constructivista de la enseñanza. Este punto puede tener pertinencia especial en campos como ciencia de la ingeniería, donde conceptos teóricos y modelos a menudo son idealizados a tal extremo que parecen desligados de cualquier contexto significativo para los estudiantes.

### **¿Cómo lograr los cambios?**

Una aproximación tradicional para lograr desarrollo de la calidad ha sido ofrecer cursos de instrucción para los maestros. Los maestros han sido introducidos a principios de pedagogía general y entrenados, bajo condiciones de laboratorio, en el uso de métodos de enseñanza alternativos. Tenemos éxito en interesar a maestros nuevos en este tipo de actividades y creemos que tendrá efectos a la larga. Sin embargo, tenemos dudas acerca del efecto de tales cursos tendrá en maestros mayores y estamos trabajando con modelos para involucrar a grupos más grandes de maestros, posiblemente a todos los maestros de secciones que participan en proyectos concretos de desarrollo de la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje.

En el proyecto se ha involucrado seriamente a maestros mayores, en discusiones acerca de cuales son los tópicos cruciales en sus cursos, en preparar pruebas y discutir los resultados. En este sentido el proyecto ha sido exitoso. Los obstáculos para llevar a cabo cambios han sido principalmente estructurales. Por una parte, los

cambios requieren de tiempo y la enseñanza no paga mérito. Por otra parte, es limitada la posibilidad que los maestros, individualmente, logren realizar cambios de manera independiente de la estructura de educación y las normas de la universidad.

La evaluación y el modelo de desarrollo de la calidad aplicados en el proyecto demandaron mucho tiempo. Hemos considerado otros modelos que requieren menos tiempo para mejorar la calidad a nivel de cursos y hemos experimentado con elementos de tales modelos a pequeña escala.

Aquellos maestros que no se han visto envueltos en el proyecto, parecen sinceramente interesados en los resultados del proyecto. Sin embargo, al discutir acerca de los modelos para mejorar la calidad, su posición parece ser, ahora que los resultados existen, que debemos solamente presentarlos en pequeños seminarios. No tenemos, sin embargo, gran confianza en el efecto que tales presentaciones de nuestros resultados puedan producir. El tipo de cambios, que brevemente hemos resumido, configura recomendaciones y principios en un nivel bastante general, que creemos será pertinente a un grado alto para cursos individuales. Al aplicarlos, ellos deben ser interpretados por cada maestro, para cada uno de sus cursos en particular y confrontar las circunstancias específicas de cada curso, en la forma de objetivos, tiempo disponible, equipo disponible, conocimiento previo de los estudiantes, etc. Por lo tanto, lo que es más importante que los principios generales, para la mejora de la calidad de un curso, son probablemente las consideraciones de los maestros y las decisiones en situaciones concretas, basadas en su discernimiento respecto del proceso de aprendizaje de su estudiantes y sus dificultades en lograr comprensión. Esto, a su vez, implicaría que el punto decisivo es si podemos convencer a los maestros para que empleen el tiempo necesario para evaluar el aprendizaje de sus estudiantes, mediante el análisis de pruebas, encuestas y entrevistas.

### **REFERENCIAS**

- [1] Marton. & R Säljö, "On qualitative differences in learning II - Outcome as a function of the learning conception of the task", British Journal of Educational Psychology, 46, 115-127, 1976.
- [2] Marton, F., D. Hounsell & N Entwistle (ed.), "The Experience of Learning", Scottish Academic Press, Edinburgh, 1984.
- [3] Ramsden, P., "Learning to Teach in Higher Education", Routledge, London, 1992

- [4] Marton, F., "Phenomenography", Describing conceptions of the world around us Instructional Science, Vol. 10, 1981.
- [5] Ramsden, P. (ed.), "Improving Learning", New Perspectives. Kogan Page, London, 1988
- [6] Booth, S., "Learning to Program a Phenomenographic Perspective", Phd. Thesis. Acta Universitatis Gothoburgensis, Box 5096, S402 22 Göteborg, Sweden. Göteborg, 1992
- [7] Hewson, P. W. & N. R. Thorley, "The conditions of conceptual change in the classroom", International Journal of Science Education, Vol. 11, 541-553, 1989.
- [8] Mintzes, J.J., J. H. Wandersee & J. D. Novak (ed.), "Teaching Science for Understanding", A Human Constructivist view. Academic, San Diego; London, 1998.
- [9] Wagensein, M., "Zur Klärung des Unterrichtsprinzips des Exemplarischen Lehrers. Das Exemplarische Prinzip", Gerner, B (hrsg) Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1970
- [10] Wagensein, M., "Verstehen lehren", Beltz Bibliothek, Weinheim und Basel, 1982.
- [11] Jakobsen, A., "What is known and what ought to be known about engineering work", Working paper ITS Enheden for Didaktik og Uddannelsesforskning, DTU, 1994.
- [12] Dunkin, M.J., "Teaching", University and College. In Clark & Neave (ed): The Encyclopedia of Higher Education. Oxford, 1992 PP. 1750-1760.
- [13] Dunkin, M.J. og J. Barnes, "Research on Teaching in Higher Education", In B. Wittrock (ed.); Handbook of Research on Teaching. Third Edition. N.Y 1986. PP 754-777.
- [14] Dahlgren, L. O., "Effects of university education on the conception of reality", Paper presented at the 4th Int. Conf. On Improving University Teaching. July 26-29, 1978, Aachen, F. R. Germany. Reports from the Department of Education, University of Gothenburg, 65, 1978.
- [15] Johansson, B. Krafter vid rörelse, "Teknologers uppfattningar av några grundläggande fenomen inom mekaniken, (Forces in motion. Technological students' conceptions of some basic phenomena in Mechanics)", Reports from the Department of Education, University of Gothenburg, 14, 1981.
- [16] Svensson, L. Kroppar in linjär rörelse. Teknologers tänkande om några fenomen inom mekaniken, Report from the Department of Education, U. of Göteborg, 04, 1984.
- [17] Pedersen, S. Arv och anpassning. Lärarkandidaters förståelse av några biologiska grundbegrepp. In L. O. Dahlgren & R. Säljö (ed.) Didaktik i Högskolan. Exempel Från Biologi, Historia Och Omvärlden, Universitets - Och Högskoleämbetet -Forskning Och Utveckling För Högskolan - Skriftserie, 5, 1985.
- [18] McDermott, L. C. m. fi., "Student difficulties in connecting graphs and physios: Examples from kinematics", American Journal of Physics, 55(6), 1987.
- [19] Lybeck, L., F. Marton, H. Strömdahl & A. Tullberg, "The Phenomenography of the 'Mole Concept' in Chemistry", In P. Ramsden (ed.): Improving Learning. Kogan Page, London, 1988.
- [20] Svensson, L. & C. Högfors, "Conceptions as the content of teaching: improving education in mechanics", In P. Ramsden (ed.): Improving Learning, Kogan Page, London, 1988.
- [21] Renström, L., B. Andersson & F. Marton, "Students Conceptions of Matter", Journal of Educational Psychology, Vol. 82, 1990.
- [22] Bowden, J, G. Dall'Alba, E. Martin, D Laurillard, F. Marton, G. Masters, P. Ramsden, A. Stephanou & E. Walsh, "Displacement, velocity and frames of reference: Phenomenographic studies of student's understanding and some implications for teaching and assessment", American Journal of Physics, 60(3), 1992.
- [23] Nakhleh, M. & R. C. Mitchell: Concept "Learning versus Problem Solving. There is a difference", Journal of Chemical Education, vol. 70 (3), 1993.
- [24] Tömkvist, S., K.-A. Petterson & G. Tranströmer: "Confusion by representation: On student's comprehension of the electric field concept", American Journal of Physics, 61(4), 1993.
- [25] Prosser, M. E. Hazel, K. Trigwell & F. Lyons, "Qualitative and quantitative indicators of students' understanding of physics concepts. Research and Development in Higher Education", 19, 670-675, 1996.
- [26] Hewson, P. W., "A case study of conceptual change in special relativity: The influence of prior knowledge on Learning", European Journal of Science Education, Vol. 4, 1, 61-78, 1982.
- [27] Prosser, M., "Is prior knowledge of subject matter more important to the development and use of meaningful learning skills?", Programmed

- Learning and Educational Technology, 24, 280-285, 1988.
- [28] Prosser, M., E Hazel, K. Trigwell & F. Lyons, "Students' experiences of studying physics concepts: the effects of disintegrated perceptions and approaches", Paper presented at the 7th European Conference for Research on Learning and Instruction, Athens, 1997. A revised version of the paper is to appear in a special edition of the European Journal of Educational Psychology.
- [29] Jakobsen, A. & S A. Pedersen, "Cognitive aspects of engineering work and research: implications for curriculum planning", In S. Tómkvist (ed.): Teaching Science for Technology at Tertiary Level. Proceedings. Centre for Educational Research and Development, Royal Institute of Technology, Box 700 30, 100 44 Stockholm, 1995.