

Desarrollo de competencias en un curso de Física para ingenieros

Gabriel Fernando Martínez Alonso, Andrés Monsiváis Pérez

División de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León, A.P. 076 "F", Ciudad Universitaria, CP 66450, San Nicolás, Nuevo León, México.

E-mail: gabrilo2009@hotmail.com

(Recibido el 14 de Julio de 2010; 12 de Septiembre de 2010)

Resumen

Los currículos basados en competencias es una nueva tendencia de los diseños curriculares enfocada a satisfacer las exigencias de la sociedad moderna a los egresados de educación superior y en particular de ingenierías. La aparición de estos currículos plantea la necesidad que todas las materias del plan de estudio sean diseñadas por competencias, lo que implica la incorporación de actividades, que los estudiantes realicen, en clase y fuera de ellas, para desarrollar y evaluar sus competencias. En este trabajo se muestra el diseño de una materia de mecánica (Física 1) para ingeniería en Mecatrónica, por competencias, donde se dan los ejemplos de las actividades diseñadas, con el fin de desarrollar las competencias previstas. Se presentan diferentes resultados de su implementación, así como la opinión de los estudiantes sobre este tipo de cursos y de las actividades realizadas.

Palabras clave: Currículo, competencias, aprendizaje activo.

Abstract

The competency-based curriculum is a new trend in the curriculum development focused to satisfy the requirements of the modern society to the graduated of higher education and especially of engineering. The apparition of these curricula raises the need that all the matters of the plan of study are designed based on competences, what implies the incorporation of activities, which the students realize, in class and out of them, to develop and to evaluate their competences. In this work there appears the design of a matter of mechanics (Physics 1) for engineering in Mechatronics, based on competences, where examples of the designed activities are given, in order to develop the predicted competences. Different results of the implementation are presented, as well as the opinion of the students about this type of courses and of the realized activities.

Keywords: Curriculum, competence, active learning.

PACS: 01.40.Di, 01.40.Fk, 01.40.gb

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

El concepto de competencia es polisémico, con múltiples significados, definiciones e incluso enfoques, de acuerdo a la visión y aspectos que se enfatizan en el mismo. Así algunos autores diferencian [1] al menos cuatro enfoques diferentes: funcionalista, conductual, constructivista y socioformativo. Independientemente de esta clasificación, en pocas ocasiones se puede encontrar una aplicación completamente enmarcada en un enfoque y casi siempre presentan características de varios a la vez, lo que pudiera ser considerado como una aplicación holística de las competencias.

En el caso de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México se trata de la aplicación del Modelo Educativo de la UANL [2], que tiene un enfoque principalmente constructivista, dirigido a buscar los retos de

las dinámicas del entorno socioeconómico, para los egresados de ingeniería, aunque se han incorporado elementos que en realidad son más característicos de otros enfoques.

Entre las múltiples definiciones de competencias que se pueden encontrar en la literatura [3] se destacan como elementos comunes los siguientes:

- La mayoría se presentan como un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que se demuestran integralmente.
- Este conjunto se moviliza en función de lograr un determinado desempeño, entendido como las acciones concretas que realiza una persona para afrontar la solución de una situación o problema que se le presenta.
- Se presentan en un contexto determinado.

Partiendo de estos elementos comunes en la FIME, UANL se adoptó una definición de competencia profesional que cumple con estos elementos que además pudiera ser

comprendida y aplicada por la mayoría de los profesores en su actividad diaria. Por ello la definición que se utilizó en el diseño curricular realizado es la de [4]:

El conjunto interrelacionado de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que hace posible desempeños flexibles, creativos y competitivos, en un campo profesional específico y en un contexto definido.

Se consideró que esta definición tenía los elementos básicos constitutivos de las competencias (conocimientos, habilidades, actitudes y valores) en un conjunto interrelacionado, pues por separado no constituyen una competencia, para lograr determinados desempeños en un campo profesional y en un contexto, que son atributos comunes a casi todas las definiciones citadas ya que las competencias siempre se demuestran en un contexto determinado. Los contextos de desempeño son las determinaciones sociales, culturales, de organización, geográfico-espaciales, temporales, etc., en las que un sujeto se desempeña profesionalmente. Los contextos difieren entre sí no solo en cuanto a sus especificidades sino que representan diferentes tipos de aportes y oportunidades para el desarrollo profesional de un sujeto, así como limitaciones y dificultades. La especial y particular forma en que un profesional interactúa con el contexto de desempeño da origen a diversos formatos de experticia en el sujeto. No es posible pensar en un profesional sino desempeñándose en ciertas condiciones y determinado medio [5].

A partir de esta definición de competencia se elaboraron los perfiles de egreso de las carreras, observando el hecho de que el Modelo Educativo de la UANL considera las competencias clasificadas en generales y específicas, por lo que cada una de las ocho carreras de la facultad incluyó en su perfil los dos tipos de competencias. Se consideró además importante incluir en todos los perfiles de las carreras, competencias que aunque no son generales de la UANL, si son comunes a todos los egresados de la facultad. Estas competencias fueron denominadas “Competencias Específicas del Ingeniero” y entre ellas se encuentran algunas muy importantes para el diseño de las materias de ciencias básicas (física entre ellas) como son:

1. Identificar y comprender las variables que definen un problema de ingeniería y documentar la información obtenida de tal manera que las ideas presentadas sean estructuradas, ordenadas y coherentes.
2. Seleccionar una metodología para resolver el problema de ingeniería de tal forma que permita que la solución tecnológica sea pertinente y viable cumpliendo con estándares de calidad y políticas de seguridad.
3. Aplicar los conceptos físico-matemáticos en la resolución de problemas de ingeniería de tal manera que la solución cumpla con dichos conceptos.
4. Resolver problemas de ingeniería y verificar los resultados obtenidos con un método analítico o con el apoyo de una herramienta tecnológica.

Esta idea, aplicada en el diseño curricular de la FIME, proviene de otros proyectos, como el Proyecto 6X4 para la transformación de la educación superior en América Latina, donde se definen Competencias Transversales para disciplinas, que son aquellas que comparten las personas de

disciplinas similares [6]. En ese proyecto en particular se definieron las competencias transversales de la carrera de Ingeniería Electrónica en la cual se incluyen algunas de las utilizadas en los perfiles de la FIME. El diseño curricular, a partir de las competencias transversales, o específicas del ingeniero como se llamaron en la FIME, presenta ciertas ventajas en aquellas instituciones que cuentan con un ciclo inicial de ciencias básicas, que sirve para continuar con cualquier programa de estudios, dentro de la institución. Este ciclo de ciencias básicas (en el Modelo Educativo de la UANL, área de formación básica profesional) prepara a los estudiantes para posteriormente cursar el área de formación profesional y es común para todos los programas de ingeniería impartidos en la FIME.

A partir de la elaboración de los perfiles se elabora la malla curricular, conformada por las unidades de aprendizaje que cursará el estudiante con el objetivo de desarrollar y evaluar las competencias previstas en el perfil. Las unidades de aprendizaje se distribuyen en las áreas de: formación básica profesional, formación profesional, formación general y libre elección, cada una de las cuales tiene definidas las competencias a las que contribuye.

II. DESARROLLO

A. Definición y desglose de las competencias

Las materias de Física se imparten en el área de formación básica profesional y por tanto las competencias que desarrollen deben estar vinculadas directamente con las competencias específicas (transversales) del ingeniero de la FIME.

Si es importante definir correctamente los perfiles de egreso de los programas de estudio, a partir de la definición de las competencias que deben caracterizar a los egresados de los mismos, más importante aún es el garantizar que las materias o unidades de aprendizaje de la malla curricular aseguren el desarrollo adecuado de esas competencias.

Por lo tanto en el diseño de los programas analíticos de las Unidades de aprendizaje deben considerarse: las competencias específicas de la unidad, las competencias generales a las que contribuye y las competencias particulares de las unidades temáticas que conforman la unidad.

Esta distribución se realiza mediante un desglose de las competencias específicas de la unidad en las competencias particulares que la constituyen, con el objetivo de definir más claramente de qué forma se van a desarrollar las mismas.

Para el caso del presente trabajo se trata de la unidad de aprendizaje de Física 1, cuya competencia específica es:

Resolver problemas de mecánica clásica, relacionados con la ingeniería, a partir de la selección del método de solución (dinámico o energético), aplicando lenguajes gráficos y analíticos, utilizando las herramientas adecuadas de software de graficación y manejo de datos.

Puede reconocerse en esta descripción los elementos esenciales de las competencias, dados en la definición de competencia adoptada en la facultad, pues incluye conocimientos (mecánica clásica, dinámica, energía), habilidades (aplicar lenguajes gráficos y analíticos, utilizar herramientas de software) y los valores que quedarán implícitos en la forma que el estudiante se desempeña (con responsabilidad, honestidad, etc.) en las tareas. Debe quedar claro que el contexto de los problemas está relacionado con la ingeniería, por lo cual la selección de los mismos, para las clases o evaluaciones, debe ser cuidadosa a fin de garantizar que en la mayoría de los casos el estudiante pueda ver la vinculación entre la situación que resuelve y la ingeniería. Asimismo, puede verse la relación directa de esta competencia específica de la Unidad de aprendizaje de Física 1 con las competencias específicas # 2 y # 3, del ingeniero de la FIME, mostradas anteriormente, e indirectamente con la # 1 y # 4.

Las competencias generales a las que contribuye la unidad de Física 1 son las siguientes:

- Capacidad para un aprendizaje autónomo y continuo.
- Manejo efectivo en el uso y gestión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación.
- Habilidades para la generación y la aplicación de conocimientos.
- Capacidad para la resolución de problemas y la adecuada toma de decisiones.

Estas competencias se definen en el programa de Formación General Universitaria de la UANL (FOGU) y se desarrollan en el área de formación general de todos los programas educativos de la UANL, además de que las demás unidades de aprendizaje deben contribuir al desarrollo de las mismas en sus cursos, de acuerdo a sus particularidades.

A partir de la competencia específica de la unidad de Física 1 se realiza el desglose en competencias particulares, que definirán las unidades temáticas que tiene esta unidad. Recordando que el programa se elabora por competencias y no por contenidos, por lo que esta definición de las unidades temáticas, no debe realizarse partiendo de consideraciones del contenido del mismo.

Una pregunta que puede facilitar el proceso de desglose es: ¿qué debe lograr hacer el estudiante para que pueda demostrar la competencia específica de la unidad?. A criterio de los autores de este trabajo el desglose daría como resultado las siguientes competencias particulares.

1. Resolver problemas de mecánica, relacionados con la ingeniería, en una y dos dimensiones, aplicando conceptos cinemáticos (desplazamiento, rapidez, velocidad, aceleración, etc.), utilizando modelos analíticos cuadráticos y herramientas gráficas.
2. Resolver problemas de mecánica, relacionados con la ingeniería, en una y dos dimensiones utilizando el método dinámico, aplicando conceptos y las leyes de la dinámica, empleando modelos vectoriales y herramientas gráficas.
3. Resolver problemas de mecánica, relacionados con la ingeniería, en una y dos dimensiones, utilizando las leyes de conservación, los conceptos relacionados (cantidad de movimiento, impulso, energía mecánica,

trabajo) y el método energético, con modelos vectoriales y herramientas gráficas.

4. Solucionar problemas de mecánica, relacionados con la ingeniería, seleccionando el método de solución más adecuado (dinámico o energético) de acuerdo a las situaciones planteadas y utilizando convenientemente las herramientas gráficas y analíticas necesarias.

Aquí se pone de manifiesto una característica del modelo por competencias donde los contenidos se deben construir en la solución de las tareas, que se le van planteando al estudiante, en lugar de aprenderse por separado, para después resolver la tarea.

De este desglose se obtiene la organización de la unidad de aprendizaje en unidades temáticas, que en este caso serían tres unidades: la primera, la cinemática, donde el estudiante debe desarrollar la primera competencia particular; la segunda, la dinámica para la segunda competencia y la tercera, la de leyes de conservación para las competencias particulares 3 y 4.

Las competencias formuladas deben ser desarrolladas a partir de una serie de actividades que posibiliten que el estudiante, participando activamente, desarrolle paulatinamente esa competencia, aplicando métodos y técnicas de aprendizaje activo. Para planificar este proceso se utiliza el concepto de elemento de competencia como aquellas actividades o tareas concretas mediante las cuales se lleva a cabo el desarrollo de la competencia particular [7]. Para cada elemento de competencia se diseñan las actividades necesarias que posibiliten su desarrollo, quedando así elaborada la secuencia didáctica que permita desarrollar la competencia enunciada. Este es un punto importante del enfoque por competencias, ya que es concretamente en el aula, en la clase y fuera de ella, donde el estudiante desarrollará las competencias y si no se establece el ambiente de trabajo y la orientación adecuada para lograr este propósito, el enfoque por competencias no tendrá éxito.

Las actividades que se elaboren tienen dos funciones: Una fundamental es el desarrollo del elemento de competencia definido y la segunda es la evaluación del desarrollo de este elemento. Aquí se pone de manifiesto una nueva característica del proceso de enseñanza aprendizaje, que es que el aprendizaje y la evaluación del mismo no son dos partes diferentes del proceso, sino que la utilización de las actividades de aprendizaje, como evidencia para la evaluación, facilita la integración y la coherencia entre el aprendizaje y la evaluación, al mismo tiempo que facilita una evaluación del proceso de aprendizaje y no sólo de los resultados [8]. Por ello las actividades diseñadas deben incluir las evidencias que presentará el estudiante al finalizar la misma, las cuales brindarán información sobre el desarrollo que ha logrado y permitirá una evaluación, la mayoría de las veces formativa, de este desarrollo. Para lograr una evaluación formativa deben establecerse en forma clara los criterios que se utilizarán para evaluar la evidencia, dar información a los estudiantes sobre estos criterios e informar al final del resultado que logró, así como las áreas de oportunidad que presenta, o qué debe

hacer para mejorar las deficiencias detectadas en el trabajo realizado en la actividad.

B. Diseño de actividades para Física

El aprendizaje activo es importante para lograr el desarrollo de competencias, por lo cual las actividades que se diseñen y apliquen, deben ser una manifestación concreta de los aspectos generales de este tipo de aprendizaje.

Además de esta característica general, las actividades de aprendizaje para el desarrollo de competencias tienen otras características, que son imprescindibles para que realmente cumplan su propósito. Entre ellas se destacan [9]:

- 1) Debe ser válida, o sea desarrollar aquel elemento de competencia que se desea desarrollar.
- 2) El estudiante debe ser confrontado a una situación de partida que sea compleja. Preferiblemente esta situación debe estar vinculada con el campo profesional del estudiante, en el caso que se analiza, vinculada a la temática ingenieril. En ocasiones esta característica se denomina como pertinencia, para el estudiante.
- 3) La actividad debe tener un producto (evidencia) observable y evaluable en relación con dicha situación.
- 4) Deben indicarse los criterios de evaluación con los cuales se evaluará este producto o evidencia, que posibiliten dar información al estudiante como evaluación formativa, para mejorar su aprendizaje.
- 5) En este proceso de elaboración, el estudiante (solo o en equipo) está activo (aprendizaje activo) y el profesor no es el actor principal, pero sí una persona que actúa como guía y recurso.
- 6) Debe incluir un proceso de reflexión por parte del estudiante. Este proceso es decisivo para que el aprendizaje logrado sea significativo. No es posible desarrollar competencias con actividades mecánicas, que se resuelvan cumpliendo una serie de pasos que no exijan un proceso de reflexión, por parte del estudiante.

Además de las características mencionadas, es claro que en el diseño deben tenerse en cuenta otros aspectos como: número de estudiantes en el grupo, recursos disponibles, experiencia del profesor y los alumnos, etc. pues son importantes en el éxito de la actividad planteada. No es igual una actividad para un grupo de 20 estudiantes que para un grupo de 50 o una actividad que necesite un proyector acoplado a una computadora, como recurso esencial, a una que se realice solo con hojas de papel y un pizarrón común.

En nuestro caso se presentan algunas actividades diseñadas y aplicadas en el curso de Física 1, en dos grupos de la especialidad de Ingeniería Mecatrónica de la FIME, UANL, con el fin de posibilitar el desarrollo de la competencia específica y las particulares, descritas anteriormente. Además se tienen en cuenta las competencias generales a las que debe contribuir, sin ser esto último el principal fin de la Unidad de Aprendizaje. El curso es un curso normal de mecánica traslacional y rotacional, en base a álgebra, aunque en algunas ocasiones se introducen magnitudes del cálculo diferencial e integral, que los estudiantes reciben al mismo tiempo. El trabajo se realizó en

el semestre agosto – diciembre del año 2009, con una matrícula total de 92 estudiantes en los dos grupos (grupo 1: 48 y grupo 2: 44 estudiantes).

Para facilitar el diseño de las actividades se elaboró un formato (Tabla I) que incluye:

TABLA I. Formato de diseño de las actividades de aprendizaje, para el desarrollo de competencias.

Elementos de Competencia	Evidencia Requerida	Contenidos	Actividades	Recursos y Medios	Criterios de Evaluación
--------------------------	---------------------	------------	-------------	-------------------	-------------------------

La Unidad temática de cinemática tiene la competencia particular de:

Resolver problemas de mecánica, relacionados con la ingeniería, en una y dos dimensiones, aplicando conceptos cinemáticos (desplazamiento, rapidez, velocidad, aceleración, etc.), utilizando modelos analíticos cuadráticos y herramientas gráficas.

Primero se presentarán actividades relativas al uso de herramientas gráficas para la solución de problemas. Para los ingenieros la habilidad del uso de herramientas gráficas es esencial, por ello en las competencias de la unidad de aprendizaje se menciona frecuentemente este elemento. La cinemática es la unidad temática en la cual se desarrolla fundamentalmente estas competencias, asociada a la descripción de diferentes movimientos mecánicos.

Las actividades diseñadas para lograr el adecuado desarrollo de estas competencias fueron dos:

1. Construcción de gráficos de movimiento.

Esta actividad se elaboró como una modificación de actividades similares propuestas por L. McDermott [10]. A cada estudiante se le entrega una hoja con una breve descripción de las condiciones en las cuales se realizó un movimiento. Por ejemplo: posición inicial cero, velocidad inicial positiva, aceleración constante positiva. Se le pedía elaborar tres gráficos de: posición, velocidad y aceleración en función del tiempo y además escribir la ecuación de posición en función del tiempo, acorde a las condiciones iniciales dadas, del movimiento (Figura 1). Cada estudiante tiene movimientos con condiciones diferentes, de manera que se excluye la copia de respuestas.

El elemento de competencia a desarrollar en la actividad es que el estudiante identifique el modelo matemático (cuadrático o lineal) que describe un movimiento mecánico, a partir de una descripción verbal, y lo pueda representar gráficamente.

La evidencia requerida en esta actividad es: los gráficos construidos y la ecuación escrita.

Esta actividad es fundamentalmente formativa, de forma que el estudiante obtenga información de cuáles son sus dificultades para identificar el modelo matemático que describe el movimiento, dadas sus condiciones y representarlo gráficamente. Se aplicó una escala de calificación de 2 puntos por cada respuesta correcta (3 gráficos y la ecuación) dando un extra de 2 puntos sólo por participar. Dado su carácter formativo la actividad se

desarrolló con un esquema de corrección de la actividad [11], de forma que el profesor calificó la evidencia entregada por los estudiantes indicando solo el valor obtenido y se devolvió el trabajo a los estudiantes para que elaboraran de nuevo el producto, detectando los errores cometidos. La corrección se recoge y se califica de nuevo, sumando a la calificación obtenida un valor igual a la mitad de los puntos perdidos en la primera calificación. Este tipo de correcciones dan al estudiante la oportunidad de reflexionar sobre su aprendizaje y autoevaluarse, aspectos que son básicos para el desarrollo de la competencia de aprendizaje autónomo y continuo, declarada como general en esta unidad de aprendizaje.

Gráficos del movimiento

Descripción del movimiento:

Posición inicial: _____

Velocidad inicial: _____

Aceleración: _____

Escriba la ecuación de este movimiento: _____

FIGURA 1. Formato entregado a estudiantes en la actividad construcción de gráficos.

Como resultado de esta actividad se muestran los resultados (Tabla II), en función de los promedios por grupo antes de la corrección (A) y después de la misma (D).

TABLA II. Promedios y ganancia de actividad de gráficos, para dos grupos Ingeniería Mecatrónica.

	Promedios		Ganancia (D – A)	Ganancia normalizada [12]
	Antes (A)	Después (D)		
Grupo 1	3.67	6.50	2.83	0.45
Grupo 2	2.71	4.37	1.66	0.23

De los resultados puede observarse que los promedios tienen una ganancia normalizada [12] de 0.45 y 0.23 lo cual puede considerarse aceptable para estudiantes de primer semestre de ingeniería, en un tema complejo como los gráficos cinemáticos.

2. Resolver problemas por método gráfico.

Como siguiente actividad, de construcción de gráficos de movimiento, se planteó una tarea extra – clase, que consistió en resolver un problema gráficamente, utilizando algún paquete computacional de graficación.

El problema en cuestión es el siguiente [13]:

Un tren sale de una estación con una aceleración de 0.4 m/s². Una pasajera llega corriendo al andén 6.0 s después de que el tren haya iniciado su marcha. ¿Cuál es la velocidad mínima (constante) con que debe correr la pasajera para poder alcanzar al tren?. Confeccione un esquema de las curvas del movimiento del tren y de la pasajera en función del tiempo.

La respuesta debe ser obtenida con ayuda de los gráficos del movimiento de ambos objetos (tren y pasajera) que el estudiante debe elaborar utilizando cualquier paquete de graficación (por ejemplo EXCEL o GeoGebra) con el cual esté familiarizado. Para la realización de la actividad se les da un tiempo de una semana. El elemento de competencia a desarrollar en esta actividad es: Utilizar modelos cuadráticos y herramientas computacionales para hacer representaciones gráficas de las variables dependientes del tiempo y de posición, que describen el movimiento en una y dos dimensiones. Este elemento de competencia vincula con la competencia particular de la unidad de cinemática y con competencias generales como:

- Manejo efectivo en el uso y gestión de las tecnologías de la información y la comunicación.
- Capacidad para la resolución de problemas y la adecuada toma de decisiones.

La evidencia a entregar es la solución del problema, a partir del gráfico del movimiento, y correctamente identificada la velocidad mínima de la pasajera identificada como la pendiente de su gráfica de la posición respecto al tiempo.

Algunos alumnos utilizaron el EXCEL para resolver el problema y otros prefirieron el GeoGebra programa que se ofrece gratuitamente en la red [14] y que tiene determinadas ventajas para la realización de este problema, ya que permite establecer la pendiente de la gráfica como una variable que se puede modificar y así determinar cuando ésta gráfica toca, en un solo punto, a la gráfica del movimiento del tren. Este problema en particular se selecciona para esta actividad porque es prácticamente más sencillo resolverlo gráficamente, que en forma analítica, ya que para obtener la respuesta analítica es necesario igualar las ecuaciones de ambos cuerpos y determinar cuándo esa ecuación solo tiene una solución, condición de la cual se obtiene la velocidad mínima requerida por la pasajera para alcanzar al tren.

Los resultados de esta actividad se muestran (Tabla III) con los promedios obtenidos, para los dos grupos, en función de la calificación otorgada en base a 10 puntos.

Se observa que las calificaciones obtenidas por los estudiantes en esta actividad son superiores (cerca de 7) a las obtenidas en la actividad anterior, demostrando su desarrollo en la competencia de la unidad temática de cinemática.

TABLA III. Promedios de evidencia de actividad de resolver problemas gráficamente, para dos grupos.

	Promedio (10 máximo)
Grupo 1	6.65
Grupo 2	6.72

3. Solución de problemas con autoevaluación.

Esta actividad se realizó varias veces en el curso con el fin de lograr un adecuado desarrollo de la competencia de resolver problemas, en las diferentes unidades temáticas. Es necesario enfatizar que una de las características de las actividades para el desarrollo de competencias es que sea pertinente, lo cual en nuestro caso se presenta como que los problemas de mecánica que el estudiante resuelve deben ser lo más cercanos posibles a la temática ingenieril, lo que evidentemente aumenta la motivación de los estudiantes. Aunque el libro de texto que se utiliza en el curso, de P. Tipler y G. Mosca [13], tiene bastantes problemas con esta característica, se realizó un trabajo para adecuar otros problemas. Un ejemplo de este trabajo se muestra en la Tabla IV donde se exponen dos problemas. En la columna izquierda el problema original, muy característico de muchos libros de texto y en la derecha el problema reformulado a un estilo más cercano al campo profesional del ingeniero.

TABLA IV. Problema tradicional y problema redactado más cercano al perfil ingenieril.

Problema redacción tradicional	Problema redactado más cercano al campo ingenieril
Un cuerpo de 1000 kg, sostenido por una cuerda, será elevado con una aceleración de 6 m/s ² . Calcule la tensión máxima que soportará la cuerda.	En su empresa están armando una grúa que debe mover cargas de hasta 1000 kg, con una aceleración de 6 m/s ² . A Ud. le encargaron la compra de la cadena para la grúa. ¿Cuál de las siguientes Ud. compraría, tratando de economizar, y por qué? Cadena: Soporta Precio (T _{máx}): (\$/m): 1 15 700 N 1 000 2 15 900 N 5 000 3 16 100 N 6 000 4 16 500 N 10 000

Desde el punto de vista de la física ambos problemas son semejantes por el contenido que representan, sin embargo el problema ingenieril tiene otras particularidades, como son la necesidad de elegir un sentido del movimiento de la carga (¿arriba o abajo?) así como tomar la decisión de qué cadena compraría, teniendo en cuenta que ninguna de las propuestas en la redacción coincide exactamente con la respuesta numérica, que se obtiene. Aquí el estudiante tiene que analizar la situación física y tomar la decisión

fundamentada, para seleccionar la cuerda. Importante señalar que además se exige una respuesta a la pregunta formulada, no solo el cálculo de magnitudes, ya que esto implica que el estudiante debe reflexionar sobre qué necesita calcular para poder responder.

En el caso de la actividad de autoevaluación en la solución de un problema se elaboró el siguiente, a partir de uno seleccionado del texto:

A Usted le encargaron diseñar un cohete para lanzar instrumentos meteorológicos. Se necesita llegue a una altura de 2 km sobre el suelo, para realizar las mediciones a esa altura en la atmósfera. Ud. diseña un cohete, con una masa de 150 kg, que tiene un motor a reacción, que provoca una aceleración resultante de 15 m/s², al lanzarlo verticalmente hacia arriba. El motor funciona durante 10 s, después de lo cual se apaga debido a que se acaban los 50 litros de combustible, que transporta el cohete. ¿Cumple este cohete con las necesidades del diseño?. Justifique su respuesta.

Las indicaciones eran resolver el problema sin voltear la hoja, ya que en la parte trasera estaba la actividad de autoevaluación. Luego de que el estudiante terminaba de resolver el problema se le indicaba que volteara la hoja y se le pedía que evaluara el grado de dificultad que había tenido en una serie de pasos, en una escala de muy difícil a muy fácil, incluyendo el “no lo hice”. Se les informaba que estas valoraciones no tenían influencia alguna en su calificación.

Los pasos autoevaluados eran:

1. Comprender la situación del problema.
2. Seleccionar los datos necesarios.
3. Decidir el camino de solución, a partir de la pregunta a responder.
4. Recordar las ecuaciones necesarias.
5. Realizar los cálculos.
6. Responder la pregunta que se hizo, a partir de los resultados obtenidos.
7. Justificar la respuesta.
8. Si tuvo alguna otra dificultad extra, escríbala por favor.

El elemento de competencia a desarrollar en esta actividad es el de aplicar los pasos adecuados para la solución de un problema, utilizando los conceptos de la cinemática del movimiento en una dimensión. La evidencia es la solución del problema y la hoja de autoevaluación completada.

Una vez recogidas las hojas de respuesta se procesan los resultados de la autoevaluación, con una escala de 5 - Muy fácil, 4 - Fácil, 3 - Normal, 2 - Difícil, 1 - Muy difícil y 0 - No lo hice. Los valores de la autoevaluación se muestran en la figura 2, para los dos grupos.

Puede observarse que existen diferencias entre los dos grupos participantes, siendo en todos los casos el grupo 2 el que desarrolla los pasos con mayor facilidad. El paso más difícil, según los estudiantes, es el de decidir el camino de solución, cercano por sus valores a difícil (2 - difícil), comprender la situación y seleccionar los datos son los pasos más fáciles de realizar. Esta autoevaluación se les regresó a los estudiantes dando las recomendaciones necesarias para mejorar las áreas de oportunidad detectadas.

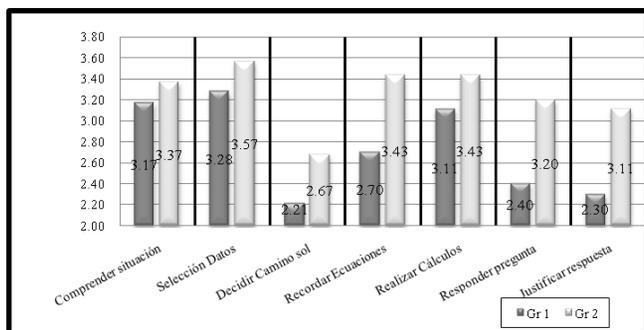


FIGURA 2. Valores de autoevaluación promedios para los pasos de solución de un problema.

Se realizó además un estudio de correlación entre las evaluaciones promedio, de todos los pasos, obtenidas por los estudiantes y su calificación en la solución del problema detectándose que los coeficientes de regresión al cuadrado R^2 entre estas dos variables son del orden de 0.7 lo cual indica que el 70 % de las variaciones en la calificación, puede explicarse a partir de la dificultad en la ejecución de los pasos en la solución. Puede estimarse que es una buena correlación entre estas dos variables. Llama la atención que algunos estudiantes con calificaciones bajas no se autoevalúan correctamente, pues su promedio entre todos los pasos, es de 4.71 (entre fácil y muy fácil). Por otra parte los estudiantes que obtienen calificación perfecta en el problema generalmente, no se autoevalúan tan alto (entre 4.29 y 3.14) y por lo general es menor que los anteriormente mencionados. Solo un caso se encontró que obtuvo calificación máxima, en el problema, y autoevaluación de 5. Por lo visto los estudiantes con mejor desarrollo de la competencia de solución de problemas, son más objetivos en su autoevaluación, dando con esto una idea de su desarrollo de otra competencia: evaluar su propio trabajo.

Actividades similares a ésta, con autoevaluación, se realizaron varias veces en el semestre, para ir valorando el desarrollo de la competencia de resolver problemas de los estudiantes y detectar las áreas de oportunidad que presentaban, con el fin de darles orientaciones para superarlas y mejorar su aprendizaje.

4. Actividad de diagrama de cuerpo libre.

En la unidad temática de dinámica también se realizaron una serie de actividades diseñadas con el fin de promover el desarrollo de la competencia particular y con ella la competencia específica de la unidad de aprendizaje.

Una habilidad que se considera muy importante al aplicar el método dinámico en la solución de problemas es la realización del diagrama de cuerpo libre (o diagrama de fuerzas). Algunos estudios concluyen que los estudiantes con mejores resultados realizan el diagrama de cuerpo libre como herramienta para solucionar el problema y como medio de evaluación de su propio trabajo [15]. En algunos libros de texto se dan orientaciones detalladas, de la forma más adecuada para realizar los diagramas de cuerpo libre [16].

Por ello se diseñó una actividad para promover el desarrollo del elemento de competencia: Representar magnitudes vectoriales (fuerzas) en dos dimensiones

Desarrollo de competencias en un curso de Física para ingenieros

utilizando herramientas gráficas. La evidencia de la actividad consiste en el diagrama de cuerpo libre correctamente representado, a partir de la situación que se le da al estudiante. En todas las situaciones se planteaba una tarea de un cuerpo deslizando sobre una superficie horizontal, sobre el cual ejercen fuerzas dos hombres, uno empujándolo y el otro halando por medio de una cuerda que estaba atada al cuerpo con diferentes ángulos y con fricción entre la superficie y el cuerpo. La tarea era representar con flechas todas las fuerzas aplicadas sobre el cuerpo, indicando la dirección y sentido mediante flechas. A cada estudiante se le daba una situación un poco diferente, cambiando al ángulo de la cuerda.

Luego que los estudiantes realizaban la tarea, se intercambiaban las hojas de la actividad, y se procedía a un ejercicio de coevaluación, donde un estudiante calificaba el diagrama de otro, utilizando una rúbrica de evaluación, que se le daba, otorgando dos puntos por cada fuerza correctamente representada. El fin es que los estudiantes desarrollen criterios para evaluar el trabajo de otros y además se busca el desarrollo de otros elementos presentes en las competencias (actitudes y valores) como son la responsabilidad y la honestidad en la evaluación realizada. La calificación otorgada por los estudiantes se mantiene, aunque tenga errores, pero se da una calificación del ejercicio de coevaluación, donde se tiene en cuenta si la misma fue correctamente realizada.

Los resultados (Tabla V) muestran los promedios de la calificación obtenida y de la coevaluación realizada, para los dos grupos, de donde puede observarse que en promedio los estudiantes representaron correctamente entre 3 y 4 fuerzas de las 5 que existían en la situación planteada y que el ejercicio de coevaluación tiene calificación muy alta.

TABLA V. Resultados de actividad de diagrama de cuerpo libre y del ejercicio de coevaluación de dicha actividad.

	Promedio	
	calificación	coevaluación
Grupo 1	8.42	9.5
Grupo 2	7.17	9.25

De ello puede concluirse que los estudiantes realizan bien este tipo de ejercicio y muestra, en la práctica, la responsabilidad y honestidad que de ellos se exige, valores que no solo deben ser educados en teoría, sino en su actuación concreta. Es difícil para un estudiante otorgar una baja calificación a un compañero de aula, por lo que para el éxito de esta actividad de coevaluación, debe explicarse muy bien cuál es el beneficio que pretende lograrse con la misma y cómo al otorgar calificaciones altas pero falsas, no se ayuda al compañero, sino le impide mejorar su aprendizaje pues no detecta los aspectos que aún debe superar.

C. Evaluación del curso

Con la intención de conocer la opinión de los estudiantes participantes sobre diferentes aspectos del curso y de las

actividades desarrolladas, se elaboró y aplicó una encuesta donde se les pedía una evaluación de algunos aspectos generales como motivación, ejemplos relacionados con la ingeniería utilizados en las clases, aprendizaje logrado, las actividades desarrolladas y una evaluación general del curso, por medio de una escala de 5 – excelente, 4 – muy bien, 3 – bien, 2- regular y 1 - mal. Una encuesta similar se aplicó en otros grupos de la facultad en una materia similar (mecánica), también por competencias, pero que trabajaron con otras actividades y diferentes profesores.

Los resultados (Figura 3) muestran que en los aspectos generales evaluados, los dos grupos de Mecatrónica sujetos de esta experiencia obtienen valores muy por encima en todos los aspectos, destacando las actividades realizadas, descritas en este trabajo, los ejemplos de ingeniería utilizados en los problemas y la motivación lograda. Como resultado de todo esto la evaluación general de este curso es 1.1 punto superior a la de los otros grupos.

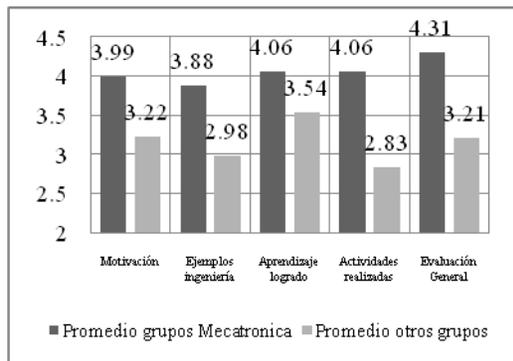


FIGURA 3. Evaluación realizada por los estudiantes de algunos aspectos del curso descrito, comparada con la evaluación de otros cursos similares.

Además se les pidió una evaluación de cómo consideraban su propio desarrollo (autoevaluación) de ciertas competencias, utilizando una escala de 5- alto desarrollo, 4- algún desarrollo, 3- poco desarrollo, 2- muy poco desarrollo y 1 – no la desarrollé por completo. Las competencias a autoevaluar se muestran en la Tabla VI.

Los resultados de la autoevaluación de estas competencias (Figura 4) por los estudiantes muestran, que el mayor valor lo obtiene la competencia específica de la unidad de aprendizaje con 4.19 (entre algún desarrollo y alto desarrollo) y el elemento de usar gráficos para resolver problemas con 4.03. La competencia menos desarrollada fue la de manejo efectivo de las Tecnologías de información (3.87 entre poco y algún desarrollo), lo cual debe ser un área de oportunidad para futuros semestres. Este resultado puede considerarse satisfactorio si se tiene en cuenta que es la primera experiencia de este tipo por lo cual sin duda tiene aspectos que aun deben mejorarse y además aumentar la experiencia de los profesores y estudiantes en este tipo de cursos, orientados al desarrollo de competencias a partir de la aplicación del aprendizaje activo.

TABLA VI. Competencias incluidas en la encuesta final del curso para que los estudiantes autoevaluaran su desarrollo en el mismo y sus tipos.

Competencia	Tipo:
Resolver problemas de mecánica.	Competencia específica de la Unidad de aprendizaje.
Aprendizaje autónomo.	Competencia general que se contribuye a desarrollar.
Manejo efectivo de la TIC.	Competencia general que se contribuye a desarrollar.
Uso de gráficos para resolver problemas.	Elemento de la competencia específica.

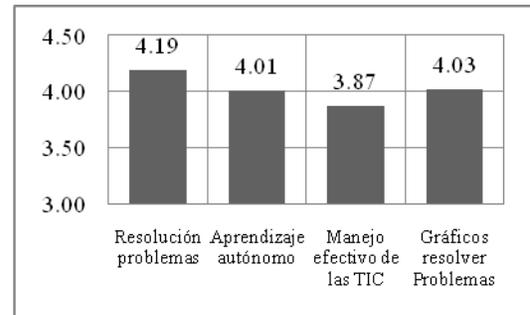


FIGURA 4. Resultados de la autoevaluación de algunas competencias del curso, por los estudiantes.

III. CONCLUSIONES

Como resultado de este trabajo se puede concluir:

Para el diseño de las unidades de aprendizaje por competencias, es preciso realizar un cuidadoso desglose de las competencias previstas en el perfil de egreso, de las carreras de las cuales forma parte dicha unidad.

Se considera importante que cada unidad de aprendizaje destaque las competencias específicas que tiene, cómo se relacionan con las del perfil, así como las competencias generales a las que contribuye.

Asimismo es muy importante establecer, en el programa analítico de la unidad de aprendizaje, cómo se va a garantizar el desarrollo de las competencias declaradas, incorporando actividades que promuevan el aprendizaje activo de los estudiantes. Sin esto no se desarrollan las competencias y el enfoque curricular no tendrá éxito. Las actividades se diseñan a partir de las competencias a desarrollar desglosadas en unidades temáticas.

Las actividades diseñadas, en este caso para estudiantes de ingeniería, deben cumplir una serie de características, de manera que sean motivantes, pertinentes y válidas.

En el curso presentado, las evaluaciones obtenidas al final del semestre, realizadas por los estudiantes, muestran que se logró, al menos en gran parte, que las actividades presentaran esas características. Esto se demuestra por la alta evaluación dada a las actividades de este curso, en comparación con otros.

Sobre todo llama la atención la alta evaluación, comparada con otros cursos, obtenida en el aspecto de ejemplos relacionados con la ingeniería y la motivación, que

puede asegurarse se debe a la redacción utilizada en los problemas, que logró hacerlos más cercanos al quehacer del ingeniero.

Es importante incorporar diferentes ejercicios de autoevaluación y coevaluación de los estudiantes, ya que permiten desarrollar otros elementos constitutivos de las competencias, como valores y actitudes, en su actuación práctica.

Se logra el desarrollo paulatino de las competencias del curso, lo cual se evidencia en las evaluaciones realizadas en los diferentes actividades utilizadas y en la autoevaluación de cuatro competencias, al final del semestre. Debe señalarse que esta unidad de aprendizaje forma parte de un área básica profesional, por lo que a continuación de ella hay otras unidades, que trabajan posteriormente en el desarrollo de éstas y otras competencias.

Obviamente aún quedan aspectos por mejorar, como puede notarse en la evaluación obtenida de la competencia de manejo efectivo de las TIC, lo cual será motivo de atención de otros semestres de impartición. Al mismo tiempo las actividades deben ser rediseñadas, para adecuarlas a grupos con otras características en cuanto a número, tipo de estudiante, etc.

Puede considerarse que esta es una experiencia valiosa en la aplicación del enfoque por competencias a cursos de física para ingenieros, que puede ser útil a otras instituciones enfrascadas en este trabajo.

REFERENCIAS

- [1]. Tobón, Sergio, Pimienta, J. H. y García, J., *Aprendizaje y Evaluación de Competencias*, Secuencias Didácticas, (Prentice Hall, México, 2010).
- [2] Secretaría Académica, *Modelo Educativo UANL*, (UNAL, San Nicolás de los Garza, México, 2009).
- [3] Tejada F. J., *Acerca de las Competencias Profesionales*, Revista Herramientas **56**, **57**, 20-30, 8-14 (1999)

Desarrollo de competencias en un curso de Física para ingenieros

- [4] Martínez, G. F. y otros, *Modelo para la Implementación del Currículo Basado en Competencias en Carreras de Ingeniería*, ANFEI, XXXVI Conferencia Nacional de Ingeniería, Mérida, Yucatán, México, (2009).
- [5] Hawes, G. y Corvalán, O., *Construcción de un Perfil Profesional*. Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo, (Universidad de Talca, Chile, 2005).
- [6] *Informe final del Proyecto 6X4 UEALC*, México, (Asociación Colombiana de Universidades, Colombia, 2008).
- [7] Tobón, S., Rial A., García J. A. y Carretero M.A. *Competencias, Calidad y Educación Superior*, (Alma Mater Magisterio, Colombia, 2006).
- [8]. Villardón, L., *Evaluación del Aprendizaje para Promover el Desarrollo de Competencias*, Educatio Siglo XXI **24**, 57 – 76 (2006).
- [9] Fernández, A., *Metodologías Activas para la Formación de Competencias*, Educatio siglo XXI **24**, 35 - 56, (2006).
- [10] McDermott L. C., Shaffer P. S., *Tutoriales para Física Introductoria*, (Ed. Prentice Hall, Buenos Aires, 2001).
- [11] Henderson, Ch, y Harper, K., Quiz corrections: *Improving Learning by Encouraging Students to Reflect on their Mistakes*, The Physics Teacher **47**, 581 -586, (2009).
- [12] Hake, R. *Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, Am. J. Phys. **66**, 64-74 (1998).
- [13] Tipler, P. A. y Mosca, G. *Física para la Ciencia y la Tecnología, 5a Ed.*, (Reverté, Barcelona, 2005).
- [14] GeoGebra. *Software Libre de Matemáticas para Enseñar y Aprender*. <<http://www.geogebra.org/cms/>>, Consultado el 15 de enero de 2010.
- [15] Rosengrant, D., Van, A. y Etkina, E., *Do Students use and Understand Free-Body Diagrams?*, Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 010108, **5**, 1 - 13, (2009).
- [16] Moore, T. A., *Física, Seis Ideas Fundamentales*, Tomo 1, 2 a Ed. (McGraw Hill, México, 2006).