

El rol de la física en la formación del ingeniero

Rogelio G. Garza Rivera *

Abstract

The present document analyses the importance of physics in the engineers upbringing based on the three curricular perspectives: conceptual, methodological and axiological. There are three dimensions delimit the knowledge, skills, procedures, values that students must develop and the attitudes to guarantee them an integral education as well as their successful participation in a global society.

Keywords: physics, engineering, education, basic sciences.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace algún tiempo, ha sido preocupante el papel de las ciencias básicas, y en particular de la física, en el curriculum de las ingenierías. Ejemplo de ello son algunos congresos académicos relacionados con esta temática y las publicaciones reportadas al respecto.¹

En los criterios para la acreditación de los programas de ingeniería, desarrollados por el Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), se define a la Ingeniería como "la profesión en la cual el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales obtenido por el estudio, la experiencia, y la práctica se aplica conscientemente para desarrollar maneras de utilizar, eficientemente, los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el bien de la humanidad".² Aquí se destaca la intención de dar a las ciencias básicas el papel de fundamento de las ciencias de la ingeniería. En los criterios de acreditación de los programas de ingeniería de esta organización, para el ciclo 2001-2002,³ se plantea que los programas de ingeniería deben mostrar que sus graduados

alcancen la habilidad de aplicar los conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

Otras publicaciones refuerzan la intención de dar a las ciencias básicas el papel de fundamento de la ingeniería, como por ejemplo, la Universidad de Drexel⁴ quien desarrolla un curso titulado "Los Fundamentos Matemáticos y Físicos de la Ingeniería" en el cual brinda una introducción a la matemática y la física de los problemas de ingeniería.

La Reforma Académica de la FIME⁵ igualmente propone que el egresado de la facultad deberá contar con una sólida formación en conocimientos y habilidades del campo de las ciencias básicas.

El presente trabajo pretende analizar el rol de la Física en la formación del ingeniero a partir de tres dimensiones curriculares: la conceptual (referida al contenido), la metodológica (referida al entrenamiento en el modo de actuar del ingeniero) y



* Subdirector de la FIME-UANL.

la axiológica (referida al desarrollo de actitudes y valores). Se exponen las características que cada una de estas dimensiones tiene en la curricula de Ingeniería.

2. DESARROLLO

En cualquier curso de Física, los temas tratados casi siempre son similares y reflejan un orden generalmente dado en los índices de libros de texto. ¿Cómo diferenciar un curso de otro? ¿Qué determina el contenido a impartir en un curso dado? ¿Cuál debe ser el nivel de la complejidad del curso? ¿Cuál es la relación entre el curso de Física y las materias de la especialidad de Ingeniería? Las respuestas a éstas y otras preguntas son muy importantes tanto para los responsables del desarrollo de los planes y programas de Ingeniería como para los maestros de Física de estas carreras.

Algunos criterios para analizar un curso de una materia dada pueden ser definidos en función de tres dimensiones: la conceptual, la metodológica y la axiológica. Estas tres dimensiones delimitan el contenido, las habilidades o procedimientos, las actitudes y los valores que deben desarrollarse en los estudiantes para garantizar una formación integral en los mismos y que les posibilite su labor en una sociedad globalizada. Analizaremos estas dimensiones por separado.

2.1 Dimensión conceptual

La dimensión conceptual está relacionada con una serie de aspectos que determinan la misma para cada curso en particular. Entre estos aspectos podemos señalar:

- a) El nivel de profundidad del curso.
- b) La situación del objeto físico.

- c) El nivel de actuación o asimilación del contenido.
- d) El nivel de sistematicidad del contenido.

El nivel de profundidad del curso viene dado por:

- El uso que se haga de las matemáticas.
- La correlación entre los enfoques macroscópicos y microscópicos.
- El uso de determinados modelos más o menos complejos.
- La correlación entre lo cuantitativo y lo cualitativo.
- El uso del método histórico en la presentación del curso.

Desde este punto de vista, el curso de Física para Ingenierías debe estar caracterizado por un mayor uso de modelos matemáticos, una descripción de fenómenos con un punto microscópico que le permita al futuro ingeniero conocer y dominar la explicación más interna de los mismos para posibilitarle su uso adecuado y modificación.

El enfoque de los fenómenos a estudiar debe estar dado por el perfil profesional del Ingeniero. Es tradicional, en cursos de Ingenierías, que el programa de Física incluya los temas básicos de Mecánica, Calor, Electricidad y Magnetismo, Oscilaciones y Ondas y en algunos casos algo de Óptica. La física moderna se está incluyendo en los años más recientes por la necesidad de la incorporación de tecnologías modernas, que se fundamentan en temas de esta ciencia.

La situación del objeto físico está dada por las condiciones o situación en la que se coloca el objeto para su estudio, o lo que es lo mismo, el estado del objeto en dependencia de su relación con el medio que lo rodea. Algunos casos de diferente situación

del objeto físico son: fluidos con y sin fricción, medios homogéneos, campos electromagnéticos en el vacío o en la sustancia.

Mientras que en la enseñanza media superior se muestran las situaciones más simples y generales, en la física para ingenieros, las situaciones deben ser las típicas del objeto de la profesión del futuro graduado. El estudiante debe ver la relación entre el problema de Física que se le presenta y su futuro trabajo como profesionista. Aquí tiene que ver la habilidad a desarrollar en el estudiante de la modelación de una situación real típica de la profesión, para su estudio. Por ejemplo un problema de mecánica traslacional-rotacional puede ser calcular la velocidad de desplazamiento de una banda transportadora accionada por una rueda motriz de determinado diámetro y que gira a una cierta velocidad angular. La modelación de esta situación se puede hacer despreciando fricción, aplicando modelo de cuerpo rígido o partícula, etc.; pero el estudiante observó que se partió de una situación real.

De esta forma se logra que el alumno vea la relación de la Física con su profesión futura y que posteriormente, en las materias de la especialidad, conozca de dónde parten los modelos fenomenológicos o empíricos que en esas materias se utilizan. Cuando se dice que "los contenidos de algunas materias de Matemáticas y Física no tiene aplicación real en los cursos posteriores.." ⁶ se refiere precisamente a que en ocasiones los cursos de Física no se plantean con este enfoque y se mantienen situaciones del objeto físico no vinculadas al perfil de la profesión, lo cual es incorrecto.

En cuanto al *nivel de actuación o asimilación* se refiere a la forma en que el estudiante interactuará con el medio, reproduciendo lo que conoce hasta ese momento, aplicando lo que conoce en

situaciones nuevas, e incluso creando nuevos procedimientos para resolver situaciones desconocidas en un nivel creativo.

¿Qué tipo de ingenieros necesita México para garantizar su desarrollo? Evidentemente, sí se requieren ingenieros que desarrollen nuevas tecnologías y puedan trabajar con las técnicas más modernas, no se puede pensar que el nivel de actuación pueda ser reproductivo, que es típico para aquellos que trabajan con tecnologías elaboradas en el exterior. Es por ello que los cursos de física deben contribuir al desarrollo de un nivel de actuación productivo y creativo en nuestros futuros ingenieros. Como señala el exdirector del Instituto Politécnico Nacional, D. Guerra Rodríguez: "En la formación de los ingenieros se deberá considerar de



manera estratégica el desarrollo de habilidades para el diseño, la innovación y la creatividad...".⁷ Con esto los cursos de física contribuyen a la formación integral de nuestros graduados.

El *nivel de sistematicidad* del contenido está dado por el despliegue que se haga de los diferentes temas expuestos en el programa de los cursos. Puede ser que el despliegue llegue a la ley, la teoría o el cuadro. En el nivel medio superior es típico llegar a las leyes sin llegar a desarrollar completamente la teoría, con exclusión de la Teoría de la Mecánica Newtoniana que se desarrolla en forma más desplegada.

En los cursos de Física para Ingenierías el nivel de sistematicidad debe incluir hasta el cuadro. Así, se ven el Cuadro Mecano Clásico (incluyendo Relatividad), el Cuadro Electromagnético y elementos del Cuadro Mecano Cuántico, que es el que marca el nivel de la Física Moderna y que aún se estudia su introducción en los curricula de ingenierías, como por ejemplo los proyectos desarrollados en la Universidad de Maryland.⁸ En la reforma Académica de la FIME se prevé el desarrollo de una materia de Temas Selectos de Física, donde se aborde la problemática de aquellos temas de Física más actuales vinculados al perfil de los futuros ingenieros.

2.2 Dimensión Metodológica

Relacionado con el modo de actuación del ingeniero debemos ver el papel de la Física en la apropiación, por parte de nuestros estudiantes, de un conocimiento de tipo metodológico. ¿Qué procedimientos, qué método utilizar para resolver una situación, un problema de forma más eficiente?.

Básicamente la ingeniería es un proceso de toma de decisiones⁹ para la solución de situaciones problemáticas dentro de su campo de acción. Como

regla el proceso de toma de decisiones se puede considerar compuesto de las siguientes etapas:

- a) Delimitar la situación.
- b) Planteamiento de la estrategia de solución.
- c) Obtención de información experimental o no experimental.
- d) Análisis y elaboración de la misma.
- e) Selección de criterios valorativos sobre las posibles soluciones.
- f) Elección de la variante óptima.
- g) Corrección de la decisión durante su implantación.

Para lograr que nuestros graduados estén entrenados en este modo de actuación es necesario enfrentarlos desde nuestras clases a la necesidad de aplicar métodos de solución de situaciones nuevas. Esto se logra mediante el planteamiento de las clases de Física a partir de la aplicación del Método Científico.¹⁰ La estrategia de impartición de las clases de Física debe estar orientada a presentar al alumno ante situaciones y permitirle intentar la solución de las mismas aplicando el Método Científico, lo cual le permitirá desarrollar habilidades como: delimitar un problema, formular hipótesis de solución, diseñar experimentos, observar, medir, reunir información y datos, analizarlos, elaboración de conclusiones, etc. Como señala La Reforma Académica de la FIME¹¹ "el método y la investigación deben ser elementos esenciales en el desarrollo de las nuevas generaciones".

Aquí, además se ven reflejadas las tendencias de enseñanza-aprendizaje "centradas en el alumno". El profesor debe pasar a tomar un rol de facilitador de la solución dando recomendaciones, formulando interrogantes, ayudando al alumno en el proceso de

toma de decisiones y permitiendo al alumno desarrollar su tarea de forma independiente.

¿Por qué la Física es apropiada para desarrollar estas habilidades en los alumnos? Una serie de aspectos pueden tenerse en cuenta:

- La Física es una Ciencia experimental, basada en situaciones reales.
- Se imparte en los primeros semestres.
- Los modelos que utiliza son simples por lo que se puede enfatizar el procedimiento de solución.
- Las situaciones que analiza pueden ser cotidianas, conocidas por los estudiantes (fuerza, temperatura, sonido, velocidad, etc.).

Se demuestra además, en diversas fuentes,¹² que el hecho de que el estudiante tenga una responsabilidad en su aprendizaje contribuye a una mejor asimilación de los contenidos, el conocimiento no se puede inyectar desde afuera, debe ser "construido" por el propio alumno. Es por ello que el plantear los cursos de física para ingenieros con este enfoque no sólo contribuye al desarrollo en ellos de habilidades de investigación y solución de problemas sino que contribuye a un mejor aprendizaje de la propia materia.

Ya se realizan en nuestra Facultad actividades de laboratorio en Física con un enfoque basado en la aplicación, por parte de los alumnos, del Método Científico y aunque todavía este trabajo está en una etapa de introducción ya se han obtenido resultados alentadores.

2.3 Dimensión axiológica

La tercera dimensión a analizar está dada por el desarrollo de actitudes y valores en nuestros futuros graduados. Se conoce que en la UANL se ha

desarrollado un Programa de Estudios Generales que contempla la impartición de una serie de materias que se propone un acercamiento de los estudiantes con las ciencias sociales y las humanidades.¹³ Independientemente de esto, cualquier curso de cualquier materia debe ser planteado de forma que contribuya a la educación del estudiantado. La Educación a través de la instrucción es un principio que debe seguirse en el diseño de cualquier proceso de enseñanza aprendizaje.

La responsabilidad, la honestidad, la independencia, la creatividad, la comunicación, la capacidad de trabajar en equipo, son algunas de las cualidades sin las cuales un profesional de nuestro siglo no puede trabajar con eficiencia en beneficio de la sociedad.

Estas actitudes y valores no se desarrollan en forma teórica. Es necesario hacerlo mediante la actuación diaria. Cuando se plantea una actividad de aprendizaje en la cual el alumno tiene la responsabilidad ante su grupo de elaborar determinado material, se está fomentando el desarrollo de estos valores. Cuando hacemos una actividad de discusión o debate donde se permita a los alumnos expresar sus criterios, discutir con libertad de expresión y respetando y aceptando las ideas u opiniones de los demás miembros del grupo se está fomentando el desarrollo de estos valores. Las actividades marcadas dentro de la tendencia del aprendizaje colaborativo muestran sus posibilidades de desarrollo de actitudes y valores necesarias para el trabajo del futuro profesional de nuestro tiempo.

Las clases de Física, al igual que las de las demás materias deben contribuir a partir de su diseño al desarrollo de estas actitudes y valores sin lo cual no es posible pensar en el diseño de ningún curso para Ingeniería.

3. CONCLUSIONES

De lo expresado anteriormente, se puede concluir que la importancia de la Física en la formación de los ingenieros va más allá de brindar una serie de conocimientos de la propia ciencia. La formación debe abarcar desde el entrenamiento en la forma de actuación del futuro ingeniero hasta el desarrollo de actitudes y valores necesarios para trabajar en una determinada sociedad. El estudiante debe ver desde el primer día la relación de la Física con su perfil de la profesión a través del enfrentamiento a situaciones prácticas que pueda resolver aplicando los conocimientos de Física que se le imparten.

Para lograr esto, los cursos de Física deben ser diseñados teniendo en cuenta los aspectos señalados en este trabajo y sin perder de vista el futuro profesional del estudiante para el cual se le va a impartir determinada materia.

El aumento del rol del estudiante, la aplicación de métodos dinámicos de impartición en las clases y la utilización del Método Científico constituyen algunas de las premisas indispensables para lograr el éxito en la enseñanza de la Física vinculada al perfil de nuestros Ingenieros, logrando que los graduados vean a esta Ciencia no como una más, sino como el fundamento de las Ciencias de Ingeniería.



4. BIBLIOGRAFÍA

1. Garza Rivera, Rogelio G. "La enseñanza de las ciencias en la formación de ingenieros", *Ingenierías FIME*, Vol. II, No. 5, Sept.-Dic. 1999, pp. 55-58.
2. Criteria for accrediting engineering programs, Engineering Accreditation Commission (EAC), Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc. (ABET), 2000-2001 Accreditation Cycle, Nov. 1999.
3. Criteria for accrediting engineering programs, Engineering Accreditation Commission (EAC), Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc. (ABET), 2001-2002 Accreditation Cycle, Nov. 2000.
4. Thomas, D.H. and Venkataraman, T.S. "Drexel University's Freshman Engineering Physics Course" in *The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities*, E.F. Redish and J.S. Rigden, editors, AIP Conference Proceedings 399, 1997, pp 79.
5. Proyecto de Reforma Académica y Curricular, UANL, FIME, página 14, Abril 12 de 2000.
6. Proyecto de Reforma Académica y Curricular, UANL, FIME, página 8, Abril 12 de 2000.
7. Guerra Rodríguez D., "Situación actual y perspectiva de la educación en ingeniería en México", *Ingenierías FIME*, Vol. III, No. 6, En-Marzo 2000, pp. 8-14.
8. Redish E. F., Steinberg R.N., Saul J.M., "The distribution and change of students expectations in introductory physics", *The International Conference on Undergraduate Physics Education*, 1996; <http://www.physics.umd.edu/rgroups/ripe/perg/expect/icupeex.htm>.
9. Barreto Argilagos G., "El desarrollo histórico de la formación de constructores", *Ingenierías FIME*, Vol. II, No. 4, Mayo-Ag. 1999, pp. 24-31.
10. Hestenes, D.. "The scientific method." *Am. J. Phys.* **67**(4), 274, 1999
11. Proyecto de Reforma Académica y Curricular, UANL, FIME, página 13, Abril 12 de 2000.
12. Anderson, J.R. Reder, L.M. and Simon, H. A. "Radical Constructivism and Cognitive Psychology" in *Brookings Papers on Education Policy-1998*, Diane Ravitch, ed. (Brookings Institution Press), pp. 227-278.
13. Fernández Delgado, J. A. "Programa de Estudios Generales de la U.A.N.L.", *Ingenierías FIME*, Vol. II, No. 5, Sept.-Dic. 1999, pp. 51-54.