

CIENCIAS BASICAS REQUERIDAS EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA SANITARIA*

JOHN C. GEYER

*Profesor de Ingeniería Sanitaria, Universidad Johns Hopkins, Baltimore, Md.
Consultor de la Oficina Sanitaria Panamericana, Zona VI*

Los ingenieros sanitarios suelen decir de sí mismos que son "aprendices de todo", pero rara vez añaden "y maestros de nada", completando así el dicho popular. Ninguna otra especialidad de ingeniería requiere una base de todas las ciencias físicas y biológicas en la misma medida que la ingeniería sanitaria. Se trata de un campo donde el estudiante no tiene ocasión de lamentar que se le obligue a aprender cosas que carecen de aplicación en su carrera. Dado que abarca todas las ciencias fundamentales, las exigencias educativas, en lo tocante a dichas ciencias, sólo pueden establecerse en función de prioridad y de grado de importancia relativa. Además, puesto que tales exigencias tienen que ser atendidas en programas de estudios aceptables y de duración limitada en las instituciones regulares de enseñanza, en modo alguno existe libertad de acción cuando se trata de establecer los requisitos relativos a las ciencias básicas.

Antes de tratar de las ciencias básicas, es conveniente, a fin de lograr una perspectiva adecuada, referirse a ciertas materias fundamentales. Una persona puede ser culta sin haber adquirido un conocimiento de las ciencias básicas superior al que se requiere en una conversación corriente. También es posible, aunque no probable, que una persona sea inculta aun poseyendo un profundo conocimiento de las ciencias. Esto se debe a que el carácter, la personalidad y filosofía de la vida, unidos a la capacidad de tratar con las personas y de discutir con ellas en forma inteligente y estimulante materias de religión, literatura, música, arte, política, historia, idiomas, psicología, relaciones internacionales, deportes y muchos otros temas,

* Trabajo presentado en el V Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria (AIDIS), Lima, Perú, 19-25 de marzo de 1956.

dan la talla de una persona culta. El conocimiento de las ciencias básicas puede constituir un factor importante, pero no indispensable, de la educación.

Pasando por un momento a otras consideraciones más fundamentales, todo conocimiento y toda actividad cultural se basan en la capacidad humana de pensar y comunicar sus pensamientos, y en ambos casos se hace uso del idioma. Por lo tanto, la capacidad de saber y utilizar un idioma representa la mayor y más importante ventaja que puede tener una persona culta. Los ingenieros en general y los de Estados Unidos en particular, no se distinguen por su habilidad para hablar y escribir su propio idioma. Sus profesores sospechan, con frecuencia, que algunos tienen también dificultad de comprender la palabra hablada y la escrita. No se debe sacrificar en aras del conocimiento de la ciencia y de la técnica la capacidad de leer, hablar, escribir y comprender con claridad.

En esta época de las ciencias, o mejor dicho, en esta época en que la palabra "ciencia" está en auge, resulta difícil enumerar las ciencias básicas. Las ciencias se pueden clasificar en físicas, biológicas, naturales, sociales y así sucesivamente. Estas amplias agrupaciones abarcan numerosas especialidades de origen reciente, que no llenan los requisitos de "básicas". Por lo tanto, limitaremos la discusión de las ciencias básicas que se deben enseñar en la carrera de ingeniería sanitaria, a cuatro ramas clásicas: matemáticas, física, química y biología. Se tratará de lo que se requiere de cada una de ellas teniendo en cuenta lo que se puede enseñar en cinco o seis años de preparación. Parte de este plan de estudios puede consistir, y en los Estados Unidos consiste, en estudios de especialización. La división de temas en

los programas para graduados y programas para no graduados, no es cuestión de gran importancia. En todo caso, esto se determinará de conformidad con los estudios de los no graduados, puesto que los ingenieros sanitarios provienen frecuentemente de los campos de la ingeniería química y mecánica, así como también de la ingeniería civil. A este respecto, se considera que todo ingeniero sanitario debe estudiar una de las principales ramas de la profesión de ingeniería y mantenerse profesionalmente asociado con ella durante toda su vida. En los Estados Unidos esto significa una asociación con una de las cuatro "Sociedades fundadoras" de ingeniería: civil, mecánica, química o eléctrica.

Volvamos ahora a las ciencias básicas.

Matemáticas

A un perfecto conocimiento del álgebra fundamental se debe agregar la capacidad de valerse de la trigonometría y las geometrías. Estos elementos de matemáticas se deben adquirir antes de ingresar en la universidad, y si esto no es posible, tan pronto como sea posible después de haber ingresado. Se debe empezar el estudio del cálculo diferencial durante la segunda parte del primer año y en todo caso, a más tardar, al comenzar el segundo año. Hacia el primer semestre del tercer año, y preferiblemente durante el segundo año, el ingeniero debe estudiar ecuaciones diferenciales. La determinación del momento más oportuno para estos estudios de matemáticas es de la mayor importancia, puesto que proporcionan los instrumentos utilizados para atacar la mayoría de los problemas planteados en las otras ciencias.

Desgraciadamente muchas materias básicas del plan de estudios de la ingeniería se enseñan antes de que el estudiante haya adquirido la preparación matemática necesaria para comprenderlas plenamente. Como consecuencia de ello, los primeros cursos de física y sus derivados, y de química, se enfocan generalmente hacia sus aplicaciones y problemas específicos, más bien que hacia la expresión matemática de sus leyes

generales. El estudiante aprende así a seguir la solución dada por otros a un problema determinado y a resolver problemas semejantes, pero rara vez adquiere la capacidad de deducir soluciones específicas partiendo de leyes generales. Sin esta facultad es difícil, si no imposible, enfrentarse con nuevos tipos de problemas. Y sin este profundo entendimiento de las leyes naturales es posible que no llegue a apreciar jamás la unidad de la naturaleza.

Los cursos de matemáticas para ingenieros con mucha frecuencia hacen hincapié en demostraciones y manipulaciones, y no dan la debida importancia al idioma y a la filosofía de las matemáticas. En el campo de las ecuaciones diferenciales, por ejemplo, la mayoría de los ingenieros sanitarios consideran posible retener solamente la capacidad de resolver las ecuaciones más simples. Esto no tiene importancia, sin embargo, siempre que adquieran y conserven la capacidad de interpretar el significado de complejas relaciones y de formular las ecuaciones diferenciales que traducen dichas relaciones en términos matemáticos. Los matemáticos ayudan gustosos a los ingenieros a resolver complejas ecuaciones.

Muchos de los fenómenos naturales con que se enfrenta el ingeniero sanitario sólo pueden estudiarse mediante la aplicación de métodos estadísticos. Lo que se necesita es la capacidad de pensar e interpretar en términos estadísticos, más bien que la capacidad de demostrar la validez matemática de ecuaciones complejas.

El ingeniero usa las matemáticas para obtener una respuesta mejor o más rápida y para orientar su criterio. Debe estar capacitado para poder apreciar correctamente el grado en que sus instrumentos matemáticos lo conducen a la verdad. Los físicos han reconocido desde hace mucho tiempo que una dada expresión matemática de un fenómeno natural sólo es aceptable si predice de modo fidedigno el resultado de todas las pruebas que se puedan idear para comprobarlo. Pocos análisis de ingeniería, si es que hay alguno, satisfacen los requisitos del

físico en cuanto a representación fiel. Los fenómenos que se encuentran en ingeniería son demasiado complejos.

Se puede mejorar la preparación del ingeniero en matemáticas mediante un curso de análisis matemático que, con ejemplos de los diversos campos de la ingeniería, estudie (a) la integridad y validez de las suposiciones fundamentales; (b) métodos de expresar los problemas en términos matemáticos; (c) medios de lograr soluciones, y (d) interpretación y evaluación de los resultados analíticos.

Requisitos de Física

Muchos de los cursos fundamentales dados en los departamentos de ingeniería son, en realidad, cursos de especialización en física aplicada, como por ejemplo, sobre electricidad, mecánica y calor. Por consiguiente al tratar de los requisitos de física se debe determinar, en primer lugar, qué cursos se denominarán de física y qué otros recibirán el nombre de ingeniería. Se puede hacer una división razonable clasificando como física todas aquellas materias en que predomina la teoría fundamental, y como ingeniería todas aquellas en que predomina la práctica. En esa forma, las tres materias anteriormente citadas se considerarán como física (en realidad resultaría conveniente que su enseñanza estuviera a cargo de un departamento de física); y los cursos sobre potencia electromotriz, diseño de máquinas, abastecimiento de aguas y estructuras se considerarán como ingeniería. Desde luego, no existe una clara separación entre ambos aspectos. Los estudios avanzados de asuntos de ingeniería conducen generalmente al estudiante hacia un estudio más profundo de consideraciones puramente matemáticas y físicas.

El adiestramiento básico del ingeniero sanitario debe incluir, pues, un curso de física general seguido de un curso especializado en (a) mecánica de los líquidos y los sólidos (incluso suelos), (b) electricidad, y (c) calor o termodinámica. Si hay tiempo para ello, se debe agregar un curso de física atómica encaminado a familiarizar al inge-

niero con las teorías e ideas modernas en este campo. No se debe suponer, sin embargo, que este curso será de utilidad inmediata para resolver los problemas planteados por la eliminación de los desechos radiactivos. Permitirá, sin embargo, comprender el desenvolvimiento de los principios que han llevado a la creación de tales desechos.

Química

Un año de química general resulta insuficiente a todas luces para un ingeniero sanitario. Sin embargo, en muchas escuelas norteamericanas esta es toda la química que el ingeniero estudia. Lo que se necesita es un buen curso de química inorgánica general, incluso algo de análisis cualitativo y cuantitativo, seguido de cierta preparación en química orgánica y en físico-química.

Los cursos de química enseñados en la mayoría de las universidades están dedicados a los químicos y a los ingenieros químicos. Esto plantea un problema porque la serie ordinaria de cursos de química exige más tiempo del que el ingeniero sanitario puede dedicar a esta ciencia básica. Por lo tanto, estudia un curso de química general y, en algunas escuelas, también un curso de análisis cuantitativo. Esta situación explica el hecho de que en los Estados Unidos se dé gran atención a la química en la mayoría de los programas de especialización de ingenieros sanitarios.

Quizás la solución consista en establecer un segundo curso especial de química, concebido para los estudiantes de ciencias y de ingeniería que no se especializan en química. Un curso que comprendiera tanto los fundamentos de la química orgánica como de la físico-química sería de gran utilidad, aunque no respondiese a las ideas tradicionales en cuanto al contenido de un curso de esas materias. Tengo la seguridad de que sienten la necesidad de este curso todos los ingenieros que se encuentran tan desorientados como yo por los deslumbrantes y descriptivos nombres químicos, tales como dicloro-difenil-tricloroetano.

Biología

El encontrar el tiempo requerido para el estudio de los fundamentos de la biología es más difícil aún en el caso del ingeniero sanitario, que el encontrarlo para el estudio de la química. Los primeros cursos ofrecidos en las universidades exigen demasiadas horas, abarcan un campo demasiado amplio y generalmente no insisten gran cosa en aquellos aspectos particulares de la biología que más interesan a los ingenieros sanitarios. No parece existir otro remedio a esta situación que la enseñanza de cursos de microbiología y de bacteriología especialmente planeados. Todos los buenos planes de estudio de ingeniería sanitaria contienen estos cursos, que, por fortuna, suelen hallarse a cargo de biólogos.

La biología ocupa una posición única en la ingeniería sanitaria. Es una ciencia básica de la que basta un conocimiento somero para la mayoría de las actividades ordinarias. Tal vez muchos ingenieros sanitarios prominentes no han estudiado jamás a fondo la biología. Sin embargo, en lo que se refiere a las investigaciones de ingeniería sanitaria, la situación es bien diferente. La biología figura en casi todos los estudios de ingeniería sanitaria. Careciendo del tiempo necesario para una adecuada preparación de los ingenieros en la básica ciencia de la biología, la mayoría de las instituciones dedicadas a la enseñanza e investigación de ingeniería sanitaria utilizan para ello la ayuda de los biólogos. A estos científicos se deben muchos de los importantes adelantos logrados en la ingeniería sanitaria. En realidad, la ingeniería sanitaria moderna depende en gran parte de la labor de hombres preparados originalmente en biología y en química, y no como ingenieros sanitarios.

CONCLUSION

Al discutir los estudios que, en materia de ciencias básicas, son necesarios en ingeniería sanitaria, no se debe perder de vista la importancia de una buena educación general, ni los beneficios que, tanto para el individuo como para la profesión, representa la capacidad de hablar y escribir perfectamente.

El ingeniero tiene mucho que aprender, aparte de las ciencias básicas y los temas propios de la ingeniería. No hemos citado la geología, la geografía, la antropología, o economía. El estudio de cualquiera de ellas o de todas resultaría muy conveniente para la vida profesional y cultural del ingeniero sanitario.

Las cuatro ciencias: matemáticas, física, química y biología, sirven de apoyo a la ingeniería sanitaria. El adiestramiento en las cuatro es necesario, tarde o temprano, en la profesión del ingeniero.

Los educadores y las empresas consideran cada vez más importante proporcionar al estudiante de ingeniería un perfecto conocimiento de las ciencias básicas que adiestrarlo en los métodos profesionales de la ingeniería. El Almirante Rickover, famoso por su participación en la creación del submarino atómico, expresó en un artículo publicado en *Newsweek*, la siguiente opinión: "En las universidades el estudiante debe llegar a conocer los principios fundamentales—que siguen siendo los mismos—y dejar de lado el fárrago de las aplicaciones prácticas. Estas varían de tal modo que, cuando llegan a poderse enseñar en las universidades, ya resultan anticuadas. Sobra tiempo para aprenderlas en el curso del ejercicio de la profesión".